



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

**PŘEDBĚŽNÝ PRŮZKUM A HODNOCENÍ BUDOVY
PŘED REKONSTRUKCÍ**

PRELIMINARY SURVEY AND ASSESSMENT THE BUILDING BEFORE RENOVATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Bartoň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR CIKRLE, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

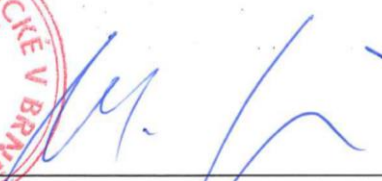
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Vojtěch Bartoň
Název	Předběžný průzkum a hodnocení budovy před rekonstrukcí
Vedoucí práce	doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017


doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí ústavu




prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Cikrle, P. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2011
Holický, M. a kol. Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí. 1. vydání Praha: ČVUT, 2007.
Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů. Skriptum VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002
Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch 1998.
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí a další platné normy.
Podklady o objektu získané od vlastníka objektu a v archivech.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je provedení prohlídky, předběžného průzkumu a zhodnocení stavu vybraného objektu před rekonstrukcí.

Teoretická část:

Rešerše literatury – obecný systém hodnocení existujících konstrukcí, metodika průzkumu vodorovných a svislých nosných konstrukcí dle materiálů a typů konstrukcí řešených v rámci praktické části.

Praktická část:

Prvotní prohlídka objektu, dokumentace stavu a poruch.

Identifikace a popis svislých a vodorovných nosných konstrukcí.

Předběžné hodnocení stavu, sestavení plánu stavebně statického průzkumu.

Provedení a vyhodnocení zkoušek in situ a laboratorních zkoušek materiálů odebraných z konstrukcí (rozsah bude upřesněn až v rámci průzkumu). Přehledné zpracování výsledků průzkumu včetně jednoduché schématické výkresové dokumentace. Ideový návrh opatření, pokud vyplynou z výsledků hodnocení.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá stavebně technickým průzkumem zděného objektu s litinovými sloupy. Stavebně technický průzkum byl proveden z důvodů plánované modernizace a přestavby objektu na bytový dům s občanskou vybaveností. Teoretická část se zabývá popisem stavebně technického průzkumu a diagnostických metod, včetně jejich vyhodnocení. Cílem je určit základní vlastnosti zděných konstrukcí a litinových sloupů. Praktická část obsahuje zpracování diagnostického průzkumu. Výsledkem praktické části je určení materiálových a geometrických vlastností konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stavebně technický průzkum, diagnostika, zdivo, zděné konstrukce, cihla plná pálená, malta, pevnost v tlaku, litina, sloup, nedestruktivní zkoušení, tvrdost

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction and technical survey of a masonry building with cast iron columns. Construction-technical survey was carried out, due to the planned conversion of the building into a apartment building with public services. The thesis contains description of construction and technological survey and diagnostic methods, which includes evaluation of essential characteristics of masonry structures and cast iron columns. The practical part contains processing of diagnostic survey. Its result is determination of material and geometric characteristics of the structure.

KEYWORDS

Construction and technological survey, diagnostics, masonry, masonry structure, solid fired brick, mortar, compressive strength, cast iron, column, non-destructive testing, hardness

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Vojtěch Bartoň *Předběžný průzkum a hodnocení budovy před rekonstrukcí*. Brno, 2018. 82 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2018



Vojtěch Bartoň

autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2018



Vojtěch Bartoň
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Cikrlovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné rady při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Petru Žíttovi za pomoc při samotném provádění stavebně technického průzkumu.

Obsah

1. Úvod	- 12 -
1.1 Úvodní část	- 12 -
1.2 Cíle práce	- 13 -
2. Teoretická část	- 13 -
2.1 Zděné konstrukce	- 13 -
2.1.1 Konstrukční uspořádání zdiva	- 14 -
2.1.2 Malty pro zdění	- 16 -
2.2 Stanovení pevnosti malty v tlaku	- 17 -
2.2.1 Metody pro zjišťování pevnosti malty v tlaku ve spárách	- 17 -
2.2.2 Stanovení pevnosti malty v tlaku ve spárách upravenou vrtačkou	- 18 -
2.3 Stanovení pevnosti v tlaku zdících prvků	- 21 -
2.3.1 Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných vzorcích z konstrukce	- 21 -
2.3.2 Pevnost v tlaku stanovená na tělesech z jádrových vývrtů	- 22 -
2.3.3 Pevnost zdících prvků zjištěná nedestruktivně	- 23 -
2.3.4 Zaručená pevnost v tlaku zdících prvků	- 24 -
2.4 Vlastnosti zdiva	- 24 -
2.4.1 Charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku	- 24 -
2.4.2 Návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku	- 25 -
2.4.3 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu zdících prvků	- 26 -
2.5 Litinové konstrukce	- 27 -
2.5.1 Rozdělení litin	- 28 -
2.5.2 Požární bezpečnost litinových konstrukcí	- 29 -
2.5.3 Tvrdoměrné metody	- 29 -
2.5.4 Měření tloušťek stěn litinových sloupů	- 30 -
3. Praktická část	- 31 -
3.1 Základní údaje o objektu	- 31 -
3.2 Prvotní prohlídka	- 33 -

3.3	Návrh průzkumu	- 36 -
3.4	Zkoušky cihelného zdiva	- 37 -
3.5	Vyhodnocení výsledků zkoušek cihelného zdiva.....	- 39 -
3.5.1	Vyhodnocení vývrtů z cihel pro stanovení upřesňujícího součinitele α	- 40 -
3.5.2	Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – suterén.....	- 41 -
3.5.3	Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 1NP	- 46 -
3.5.4	Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 2NP	- 49 -
3.5.5	Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 3NP	- 52 -
3.5.6	Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 4NP	- 55 -
3.5.7	Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 5NP	- 58 -
3.5.8	Vyhodnocení zkoušek provedených na odebraných cihlách.....	- 61 -
3.5.9	Zhodnocení výsledků zkoušek cihelného zdiva.....	- 63 -
3.6	Zkoušky litinových sloupů a jejich vyhodnocení	- 63 -
3.6.1	Vyhodnocení litinových sloupů – 1NP.....	- 64 -
3.6.2	Vyhodnocení litinových sloupů – 2NP.....	- 66 -
3.6.3	Vyhodnocení litinových sloupů – 3NP.....	- 68 -
3.6.4	Vyhodnocení litinových sloupů – 4NP.....	- 70 -
3.6.5	Vyhodnocení litinových sloupů – 5NP.....	- 72 -
3.6.6	Zhodnocení výsledků zkoušek litinových sloupů	- 74 -
4.	Závěr	- 75 -
	Seznam použitých zdrojů	- 76 -
	Seznam použitých zkratk.....	- 78 -
	Seznam použitých obrázků	- 79 -
	Seznam použitých tabulek.....	- 81 -

1.Úvod

1.1 Úvodní část

V dnešní době je diagnostika stavebních konstrukcí nedílnou součástí stavebnictví, konkrétně navrhování a posuzování stavebních konstrukcí. Důvodem pro diagnostiku stavebního objektu mohou být viditelné poruchy stavebních konstrukcí nebo v závislosti na úbytku stavebních parcel pro novostavby rostoucí zájem o rekonstrukce, respektive nástavby, přístavby a další stavební úpravy. Dalším důvodem může být také snaha o prodloužení životnosti stavby. U velké části stavebních objektů po určitém čase není k dispozici projektová dokumentace. Dokonce i v případě, že dokumentace k dispozici je, nelze na ni s jistotou spoléhat. Bez dostatečných vstupních parametrů je v lepším případě nebezpečí navýšení předpokládaných nákladů a v horším případě může dojít k překročení mezních stavů. Je proto nezbytné určit objektivní informace o stavebním objektu. Diagnostika stavebních konstrukcí se uplatní i v rámci nové výstavby (může být požadována správními orgány, nebo vzniknou pochybnosti o správném provedení stavby).

Diagnostika tedy slouží k zjištění objektivních materiálových, konstrukčních a geometrických parametrů stavebních objektů, nebo jednotlivých konstrukcí. Tyto parametry slouží jako podklad pro projektanty i statiky. K zjištění aktuálního technického stavu konstrukcí se používá řada diagnostických metod, od těch nejjednodušších (akustická trasovací metoda) až po ty složitější (georadar, profometr apod.). V současnosti vzrůstá význam tzv. nedestruktivních metod. Důvodem je lepší dostupnost přístrojů, které jsou více sofistikované než v minulosti (zejména z hlediska vizualizace řešeného problému). Nedestruktivní metody sice nepoškozují konstrukci a provedení je poměrně snadné a rychlé, ale stále nejsou spolehlivé stejně jako metody destruktivní. Z tohoto důvodu je vhodné jednotlivé metody kombinovat.

1.2 Cíle práce

Cíle práce vychází z tématu, kterým je stavebně technickým průzkumem zděného objektu s litinovými sloupy v Brně. Účelem průzkumu je posoudit konstrukci z důvodů plánované modernizace a přestavby objektu na bytový dům s občanskou vybaveností.

Tomu je přizpůsobeno členění bakalářské práce. V rámci teoretické části je cílem zpracování metodiky diagnostického průzkumu, ale také popis použitých metod pro zkoušení zdiva a litiny. Dále se teoretická část zabývá vlastnostmi zdiva a litinových sloupů. Jsou zde popsány metody pro stanovení pevnosti v tlaku malty a zdících prvků. V teoretické části je také uveden přepočít na normalizovanou pevnost v tlaku zdících prvků a stanovení návrhové pevnosti zdiva. Dále jsou v teoretické části popsány metody zjištění tvrdosti litinových sloupů a metody pro stanovení tloušťky jejich stěn. Praktická část této práce se zabývá samotným provedením stavebně technického průzkumu objektu a vyhodnocením jeho technického i statického stavu.

2. Teoretická část

2.1 Zděné konstrukce

Zdivo je stavební materiál pro výstavbu sloupů, pilířů, stěn, opěrných zdí a dalších částí stavebních objektů. Zhotovuje se přímo v místě budoucího využití, a to vyzděním z kusových staviv (cihel, tvárnic, kusového kamene) na maltu nebo jiné pojivo.

Daný objekt pochází s největší pravděpodobností z 2. poloviny 19. století. V této době již existovala určitá industrializace cihelného zdiva, protože již v poslední třetině 18. století nastaly dvě významné události, a to:

- Vydání předpisů pro zděné budovy se zpřísněnými protipožárními požadavky.
- Dekretem císaře Josefa II byly zavedeny jednotné rozměry plných pálených cihel 303x145x65 mm, po zavedení metrické soustavy byly upraveny na 290x140x65 mm [1].

2.1.1 Konstrukční uspořádání zdiva

Podle půdorysné plochy a půdorysných rozměrů se rozeznávají:

- **Nosné zděné stěny** – plní statickou a ochrannou funkci a dělí vnitřní prostor v objektu. Jsou to stěny průčelní, vnitřní podélné, vnitřní příčné, schodišťové a další.
- **Zděné pilíře** – nosné svislé prvky, u kterých je poměr výšky ku šířce menší než 4. Bývají součástí stěn (meziokenní pilíře nebo mezidveřní pilíře). U štíhlých stěn mohou fungovat jako jejich ztužení pro účinky vodorovných zatížení.
- **Zděné sloupy** – štíhlé, svislé nosné konstrukce, zpravidla štíhlejší než pilíře. Umístěné samostatně v půdoryse (často v občanských a průmyslových objektech).
- **Zděné příčky** – nenosné prvky, které dělí prostor na místnosti.

Nejvíce sledované období v rámci průzkumu zdiva je mezi lety 1850 až 1950. V tomto období se vyskytují tři základní druhy zdiva [1].

- Cihelné,
- Kamenné,
- Smíšené.

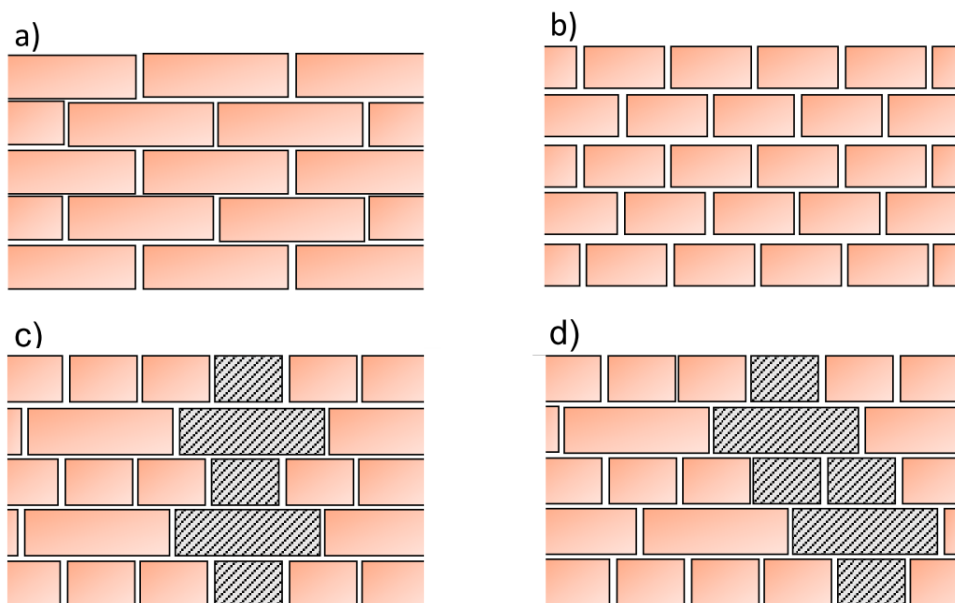
Vazby cihelného zdiva

Jednou z nejdůležitějších vlastností zdiva je právě jeho vazba. Vazbou rozumíme spojování zdících prvků maltou nebo jiným pojivem. Cílem vazby je, aby ve dvou sousedních vodorovných vrstvách neprobíhaly styčné spáry průběžně. Pro dosažení řádné vazby zdiva je zapotřebí dodržet:

- Všechny styčné spáry v každé vrstvě musí být překryty cihlou v další vrstvě o $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{2}$ délky cihly.
- Ložné spáry musí být kolmé v tlaku (vodorovné).
- Ve zdivu se má použít co nejvíc celých cihel, s výjimkou míst křížení, zalomení nebo ukončení stěny, kdy se mohou použít tříčtvrtky nebo půlky. Čtvrtky nebo pásy se mají použít výjimečně.

Cihlu uloženou ve zdivu tak, že její délka je rovnoběžná s lícem stěny nazýváme běhoun a cihlu uloženou kolmo k líci vazák.

Zdivo stěn tloušťky $\frac{1}{2}$ cihly obsahuje jen běhouny, zdivo má běhounovou vazbu. Zdivo stěn, u kterých je tloušťka rovná délce cihly, má vazákovou vazbu. U stěn tloušťky $1\frac{1}{2}$ cihly a tlustších se v lící vyskytují běhouny i vazáky. Pravidelnými změnami jejich uspořádání se dosahuje různých vazeb [1].



obrázek 1, a) běhounová vazba, b) vazáková vazba, c) polokřížová vazba d) křížová vazba [1].

Kamenné zdivo se nejčastěji vyskytuje jako:

- Lomové kamenné zdivo (z neopracovaného kamene vylámaného v lomu),
- Kyklopské kamenné zdivo (z vybraného lomového kamene opracovaného),
- Řádkové zdivo (obyčejné hrubé nebo čisté),
- Kvádrové zdivo (z hrubých nebo jemných kvádrů) [1].

Smíšené zdivo

Smíšené zdivo v obytných budovách má cihelnou obezdívku a vnitřní kamenné zdivo. Obezdívka bývá často pouze jednostranná (v lící do místnosti). Spojení obou druhů zdiva záleží na způsobu opracování kamene. Při diagnostice objektu ze smíšeného zdiva je nutné pečlivě vyšetřit uspořádání obou vrstev zdiva i jejich vzájemné propojení [1].

2.1.2 Malty pro zdění

Malta je směs plniva (písek, struska, škvára nebo popílek), pojiva (vzdušné nebo hydraulické vápno nebo cement) a vody. Pevnost malty je závislá na pojivu. V čerstvém stavu má obvykle formu plastické kaše.

Funkce malty po zatvrdnutí:

- Spojení zdících prvků v jeden celek,
- Přenos zatížení z jedné vrstvy na druhou,
- Vyrovnání místních rozdílů zatížení a roznášení soustředěných tlaků,
- Zamezení přístupu atmosférických vlivů do zdiva, zabránění navětrání, zlepšení nepropustnosti, zvukotěsnosti i tepelně – izolačních vlastností [2].

Druhy malt pro zdění

Dle složení a způsobu použití rozeznáváme maltu obyčejnou, maltu pro tenké spáry a maltu lehkou. Podle metody určení složení matly dělíme na návrhové (navržená a vyrobená pro stanovené vlastnosti, ověřená požadovanými zkouškami) a předpisové (popsaný poměr předepsaných složek v pořadí objem cementu : objem vápna : objem vody). Malty předpisové bývají vyrobené buď přímo na stavbě (toto řešení je pracnější a není zaručena kvalita s ohledem na problematické udržení poměru jednotlivých složek malty), nebo bývají vyráběny průmyslově (předem dávkované nebo předem míchané) [2], [3].

Rozdělení malt podle pojiva:

- **Malty vápenné (MV)** – pevnost vápenných malt je max. 1,0 MPa. Této pevnosti bývá dosaženo po 90 dnech. Je připravená z mletého vzdušného, hašeného nebo vápenného hydrátu. Používá se pro zdivo menších pevností. Malta vápenná je vhodná spíše pro omítky, kvůli vysokému stupni dotvarování.
- **Matly vápenocementové (MVC)** – pevnost malt vápenocementových bývá 1,0 - 2,5 MPa. Je připravená z čerstvé vápenné malty, do které se přimíchá cement v určitém množství podle požadované pevnosti a účelu, ke kterému bude malta použita. U malty vápenocementové je stupeň

dotvarování menší, proto se méně stlačuje a zdivo potom méně sedá. Z tohoto důvodu bývá nejčastěji používána pro zdění.

- **Cementové malty (MC)** – pevnost cementových malt bývá v rozmezí od 5,0 do 15,0 MPa. Připravují se z cementu, často říčního písku a vody, případně s dalšími příměsemi a přísadami. Plastičnost cementové malty se zlepšuje přidáním vápna ve formě vápenné kaše. Je používána pro velmi namáhané zděné konstrukce (pilíře, suterénní zdivo apod.). Nevýhodou cementových malt je jejich křehkost, která se projevuje při nerovnoměrném zatížení trhlinami, proto se přidává malé množství vápna [2].

2.2 Stanovení pevnosti malty v tlaku

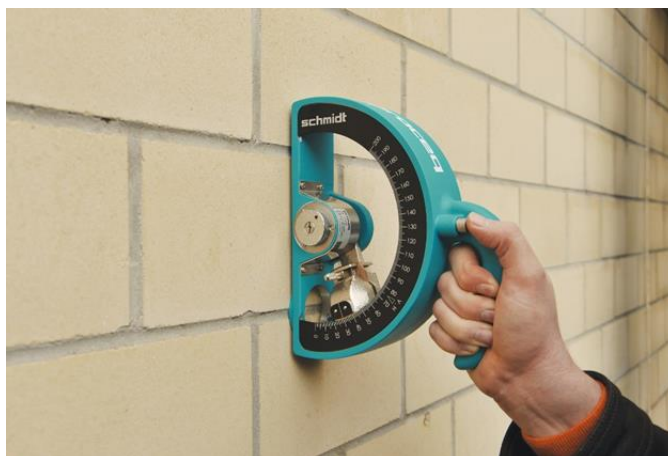
2.2.1 Metody pro zjišťování pevnosti maltu v tlaku ve spárách

Pevnost malty v tlaku lze stanovit především těmito způsoby:

- Nedestruktivními metodami – tvrdoměrnými zkouškami na základě vhodných kalibračních vztahů, respektive odhadem hloubky vrypu,
- Chemickým rozbořem – podle obsahu pojiva,
- Metodami lokálního porušení – např. upravenou příklepovou vrtačkou na základě příslušných kalibračních vztahů [4].

Pokud je tloušťka ložné spáry a pevnost malty dostatečná lze pro zjištění pevnosti v tlaku také použít tělesa vyrobená ze spár, která se zkouší dle [5].

U tvrdoměrných metod bývá často problém tloušťka spár, která je obvykle ve starších konstrukcích 10 mm až 14 mm. Je možné využít také přístroj Schmidt OS-120 PM (obrázek 2), u kterého beran s razníkem o průměru 8 mm opisuje kruhovou dráhu a po dopadu na maltu se odrazí. Podle hodnoty odrazu lze určit pevnost malty v tlaku. Tato metoda se ovšem hodí především pro zjišťování kvality malt v novějších zděných konstrukcích [6].



obrázek 2, Schmidt OS-120 PM [25].

Další možný způsob, jak určit pevnost malty v tlaku je vtlačování přesně definovaného přípravku tzv. indentoru. Jako nejvhodnější se jeví válcový indentor, na kterém jsou rysky po 5 mm. K zatlačování indentoru je používáno kladivo o hmotnosti rovné 1 kg ze vzdálenosti 100 mm, energie úderu je potom 1 J. V literatuře [7] je uveden kalibrační vztah, který však může být ovlivněn osobou provádějící zkoušku. Proto byl vyvinutý kyvadlový indentor, u kterého nedochází k ovlivnění energie při provádění zkoušky [7].

V praxi je nepoužívanější semidestruktivní metoda pro zjišťování pevnosti malty v tlaku pomocí upravené vrtačky. Tato metoda byla využita i v praktické části této práce, proto bude probrána podrobněji.

2.2.2 Stanovení pevnosti malty v tlaku ve spárách upravenou vrtačkou

V dnešní době je nepoužívanější metodou na určení pevnosti malty v tlaku přístroj navržený inženýrem Kučerou (pracovníkem technického a zkušebního ústavu stavebního v Praze – TZÚS). Přístroj je odbornou veřejností nazýván jako **Kučerova vrtačka**. Základ přístroje tvoří ruční vrtačka, na kterou je přidaná hlava s příklepem, opěra s přítlačnou pružinou (s předepsanou tuhostí – zajištěn předepsaný přítlak) a počítadlo. Princip metody spočívá na vzájemném vztahu mezi pevností malty a odporem malty proti vnikání vrtáku při daných podmínkách (odpor je dán hloubkou vrtu šířky 8 mm) [8], [9].

Z důvodů zjednodušení obsluhy a zvýšení přesnosti byla tato vrtačka inovována přidáním elektrického motoru. Takto upravená vrtačka nese označení **PZZ 01**.

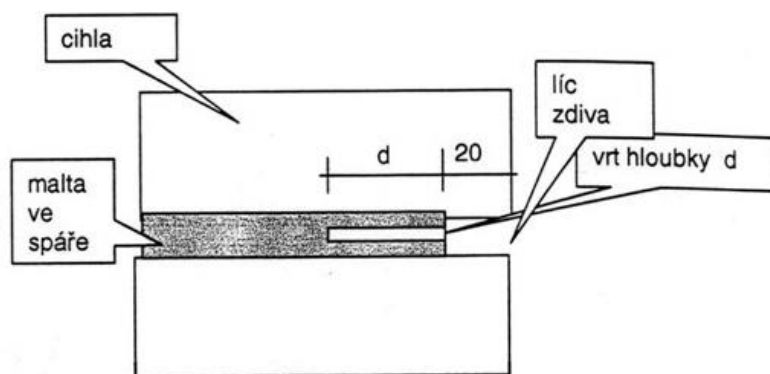
Pomocí speciálního nástavce upevněného na pohonné jednotce lze nastavit čtyři stupně vynaložené energie podle zkoušeného materiálu. Podle zvoleného stupně se nastaví počet otáček, po kterém se vrtačka automaticky vypne. Definovaný přítlak na zkušební vrták je dán tlakem vnitřní kalibrované pružiny. Díky zmenšení vrtáku na 6 mm je lepší použitelnost vrtačky v úzkých spárách [8], [9].



obrázek 3, Kučerova a PZZ 01 vrtačka pro zkoušení pevnosti malty ve spárách [9].

Stručný zkušební postup

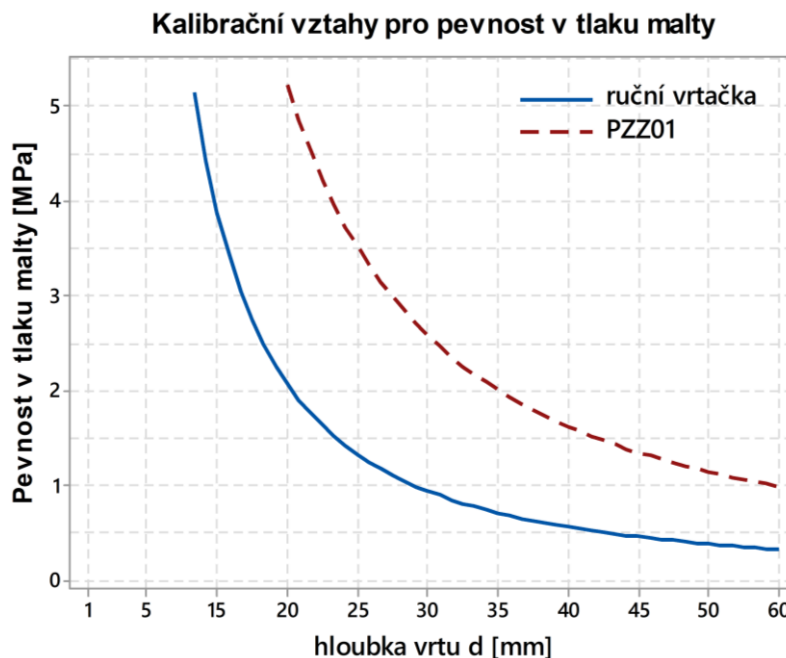
Zkušební postup je pro obě výše uvedené metody stejný, liší se pouze v kalibračních vztazích. Zkušební místo má být zvoleno v tlačené části prvku, je potřeba jej upravit, a to odstraněním omítky (cca 200x150). Ložné spáry mají být zhruba v podélné ose upravené plochy. Dále je potřeba vysekat/vyškrábat maltu vhodným nástrojem do hloubky cca 20 mm za líc zdiva. V takto upravené spáře se provedou tři vrty ve vzdálenosti cca 40 mm od sebe a nejméně 50 mm od přilehlé hrany zdiva. Poté se změří hloubka vrtů hloubkoměrem. Jako platné uvažujeme vrty, které se neliší od průměrné hloubky všech tří vrtů o více než 30 %. Pokud nevyhoví dva vrty zkušební místo neuvažujeme, jestliže nevyhoví jeden vrt vyloučí se tento vrt z měření a nahradí se novým [9], [7].



obrázek 4, umístění vrtu ve spáře zdiva, řez zdívem [6].

Vyhodnocení výsledků

Ze tří platných zkušebních vrtů stanovíme aritmetický průměr hloubky vrtů „ d_m “ a zaokrouhlíme na 1 mm. Z obecného kalibračního vztahu pro daný přístroj stanovíme v závislosti na zjištěné průměrné hloubce vrtu „ d_m “ informativní hodnotu pevnosti malty $f_{m,e}$. Takto získaná pevnost z jednoho zkušebního místa se považuje ekvivalentní hodnotě získané zkoušením jedné krychle nebo zkoušce jednoho zdícího prvku. Výsledné pevnosti malty v tlaku f_m získáme z výběrového průměru všech zkoušek [9], [7].



obrázek 5, kalibrační vztahy pro pevnost v tlaku malty ve spáře zdiva z hloubky vrtu zjištěného ruční a elektrickou vrtačkou [9].

obecné kalibrační vztahy:

$$\text{Pro ruční vrtačku:} \quad f_{m,e} = 184,43 \times d_m^{-1,5548} \quad (1.1)$$

$$\text{Pro elektrickou vrtačku} \quad f_{m,e} = 288,21 \times d_m^{-1,3873} \quad (1.2)$$

2.3 Stanovení pevnosti v tlaku zdících prvků

Vlastnosti zdících prvků, a to zejména jejich rozměry, pevnost v tlaku a objemovou hmotnost, se u stávajících konstrukcí určí na vzorcích odebraných z vyšetřované konstrukce, podle příslušných norem. Další možností je použití vhodné nedestruktivní metody na odkrytém povrchu zdiva [4].

2.3.1 Stanovení pevnosti v tlaku na odebraných vzorcích z konstrukce

Pevnost v tlaku vzorků odebraných z konstrukce určíme dle [10], a to jako průměrnou pevnost v tlaku stanoveného počtu vzorků celých zdících prvků.

Minimální počet takto odebraných a zkoušených vzorků je 6. Tento počet je však v případě zkoušení zděných konstrukcí nutné upravit podle velikosti dané konstrukce. V případě větších prvků připouští norma [10] zkoušet reprezentativní vzorky (např. krychle). Tato reprezentativní tělesa mají být vyřezaná z různých míst (na okraji, uvnitř konstrukce), v takovémto případě se počet vzorků zvětšuje [6], [10].

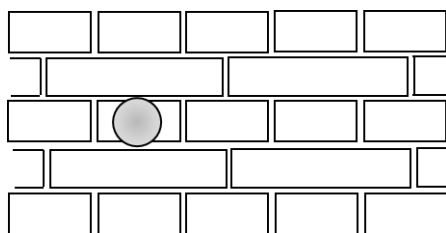
Hodnota pevnosti v tlaku ve stavu přirozené vlhkosti (6 ± 2) % (pokud nebyla v tomto stavu již stanovena) se na **normalizovanou pevnost** f_b převede tak, že se vynásobí součinitelem vlivu tvaru zdících prvků δ^{NP2} (Tabulka 1). Kde šířka a výška zdícího prvku byla stanovena dle ČSN EN 772-16 (722635). Pokud byla pevnost v tlaku stanovena na vyříznutých částech, je hodnotou, která přísluší celým zdícím prvkům, z nichž byly tyto části vyříznuty. Normalizované zkušební těleso má přitom rozměr 100×100 mm [10].

Tabulka 1, součinitel tvaru δ^{NP2} vyjadřující vliv rozměrů zkušebních těles změřených po úpravě povrchu zdícího prvku [10].

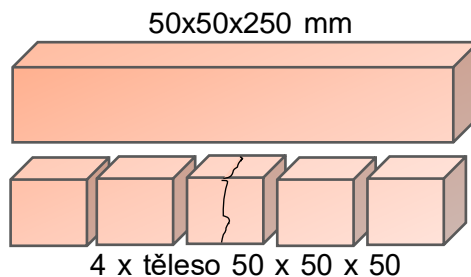
šířka [mm] výška [mm]	50	100	150	200	>250
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
>250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15
lineární interpolace je povolena					

2.3.2 Pevnost v tlaku stanovená na tělesech z jádrových vývrtů

V diagnostické praxi zděných konstrukcí bývá často velmi náročné odebrat nepoškozené celé vzorky zdících prvků. Z tohoto důvodu jsou obvykle používané jádrové vývrty o průměru 50 mm, z nichž jsou zhotoveny válcová tělesa. Vývrty jsou poté v lisech zatěžovány v jiném směru, než je uložení cihel v konstrukci, protože vývrty jsou zpravidla zhotoveny ve směru vodorovném což je problém. Kromě vývrtů o průměru 50 mm přichází v potaz také průměr 75 mm do vazáku na celou délku cihly (obrázek 6), což se osvědčilo i SKZ VUT. Z takového vývrtu pak lze vyrobit zkušební tělesa s příčným rozměrem $d = 50$ mm. Na těchto tělesech jsme schopni stanovit jak pevnost v tlaku, tak i pevnost v tahu za ohybu. Optimální zkušební těleso má rozměr 50 x 50 x 250 mm (respektive až 290 mm) (obrázek 7). Na takto upraveném reprezentativním vzorku se stanoví pevnost v tahu za ohybu, přičemž je vzdálenost podpor 200 mm (4d). Tím získáme 4 krychle o hraně 50 mm, na kterých stanovíme pevnost v tlaku. Při větším počtu zkušebních krychlí lze získat pevnost z různých částí zdi (vnější líc a střed zdiva), nebo také v různém vlhkostním stavu (nasycený, vysušený nebo s přirozenou vlhkostí) [6].



obrázek 6, odběr vzorku zdiva o průměru 75 mm jádrovým vývrtem [5].



obrázek 7, zkušební tělesa vyrobená z vývrtní [5].

2.3.3 Pevnost zdících prvků zjištěná nedestruktivně

Tvrdoměrné metody pro zkoušení pevnosti cihel v tlaku jsou modifikací metod, které se využívají pro zkoušení betonu uvedených v ČSN 73 1373 - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu [6].

Jednou z nedestruktivních metod pro zkoušení cihel je metoda Waitzmannova tvrdoměru. Jedná se o Poldi kladívko na zkoušení tvrdosti oceli, upravené pro zkoušení cihel a betonu. Tato metoda sice vykazuje velmi dobré výsledky, protože uspořádání přístroje eliminuje útlum v případě nepříliš kvalitně upevněných cihel ve zdivu, nicméně je poměrně pracná, a proto se v praxi příliš nepoužívá [6].

Nejpoužívanější nedestruktivní metodou pro stanovení pevnosti cihel v tlaku je **Schmidt LB**. Vznikl modifikací tvrdoměru typu Schmidt L, který je používán pro zkoušení betonových konstrukcí. Hlavním rozdílem u typu LB je značně menší poloměr kulové plochy razníku (zakulacený razník). Provedení i vyhodnocení obou typu Schmidt LB a Schmidt L je v podstatě rozdílné jen v kalibračních vztazích [6]. Na obroušeném povrchu cihly se provede minimálně 7 měření odrazu (optimálně 10). Ke každé hodnotě se podle kalibračního vztahu určí příslušná pevnost. Hodnota jednotlivých platných měření se nesmí od aritmetického průměru lišit o více než $\pm 20 \%$. Pevnosti, které jsou mimo tyto mezní odchylky, se vyřadí a ze zbývajících (minimálně 7) platných měření se vypočte nový aritmetický průměr [11].

Schmidtovo kladívko měří hodnotu tvrdosti. Pevnost stanovíme na základě obecných kalibračních vztahů, u kterých se musí zohlednit také poloha tvrdoměru při zkoušce.

Kalibrační vztah pro Schmidt LB:

$$f_{be,u} = 0,956 \times R - 5,444 \quad (1.3)$$

Takto zjištěná pevnost je však nezaručená a je nutné ji upřesnit součinitelem upřesnění α . Součinitel upřesnění získáme buď z vývrtů nebo z odebraných vzorků, které před rozdrčením upneme v lisu a odzkoušíme tvrdoměrem [11]. Dále je také potřeba provést přepočet pomocí součinitele δ^{NP2} (Tabulka 1), protože kalibrační vztahy pro Schmidt LB byly vytvořeny pro celé plné pálené cihly. Zkoušení Schmidtovým kladívkem se provádí na cihlách plných pálených, u tvarovek je hodnota odrazu (tím i výsledná pevnost) ovlivněna přítomností otvorů.

Tvrdoměrné zkoušky jsou výhodné zejména díky jejich rychlosti provádění a také jejich ceně. Nicméně nemají tak velkou váhu jako zkoušky destruktivní, a proto jsou jimi často doplňovány.

2.3.4 Zaručená pevnost v tlaku zdících prvků

Zaručenou pevnost v tlaku zdících prvku stanovíme jako:

$$f_{b,u} = f_{be,u} - t_n \times s_x \quad (1.4)$$

Kde:

- $f_{be,u}$ je výběrový průměr zjišťované pevnosti z n zkušebních míst,
- s_x je výběrová směrodatná odchylka,
- t_n je součinitel pro odhad dolní hranice konfidenčního intervalu průměru, stanový s pravděpodobností $P = 0,9$,
- $f_{b,u}$ zaručený průměr hodnoty pevnosti v tlaku zdícího prvku [9].

Zaručená pevnost v tlaku malty se stanoví obdobným způsobem.

2.4 Vlastnosti zdiva

2.4.1 Charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku

Charakteristickou hodnotu pevnosti zdiva v tlaku určíme podle [4] jako:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta \quad (1.5)$$

Kde:

- f_k je charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku v MPa pro zdivo s vyplněnými ložnými spárami.
- K je konstanta, která je závislá na druhu zdiva a skupině zdicích prvků. Zařazení zdicích prvků do skupin závisí i na geometrických charakteristikách těchto prvků podle ČSN EN 1996-1-1+A1, pro zdící prvky z plných cihel klasického formátu, o průměrné pevnosti a s obyčejnou maltou, kde se ve vazbě střídají vazáky a běhouny se $K = 0,44$, dále se předpokládá, že jsou spáry vyplněné maltou. Pro ostatní druhy zdiva je potřeba součinitel K určit dle ČSN EN 1996-1-1+A1.
- f_b je normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdicích prvků v MPa.
- f_m je průměrná pevnost malty v tlaku v MPa. Uvažuje se nejvýše menší z hodnot $2f_b$ nebo 20 MPa u obyčejné malty a 10 MPa u lehké malty.
- α je exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty, $\alpha = 0,7$ pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou, $\alpha = 0,7$, resp. 0,85 pro nevyztužené zdivo s maltou pro tenké spáry, viz ČSN EN 1996-1-1+A1.
- β je exponent závislý na druhu malty, $\beta = 0,3$ pro obyčejnou maltu a pro lehkou maltu [4].

2.4.2 Návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku

Charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku byla určena podle vlastností zdicích prvků a vlastností malty. Při stanovení návrhové pevnosti zdiva v tlaku však musí zohlednit i další vlivy a to:

- pravidelnost vazby zdiva,
- vyplnění spár maltou,
- zvýšenou vlhkost zdiva,
- svislé a šikmé trhliny ve zdivu [4].

Návrhovou pevnost zdiva potom určíme podle [4] jako:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (1.6)$$

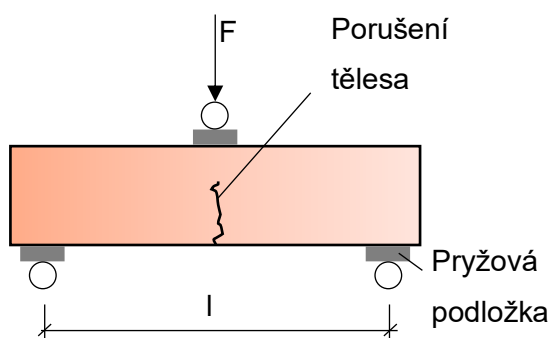
Kde:

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4} \quad (1.7)$$

- γ_{m1} je základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, která se pro zdivo z plných cihel uložených na obyčejnou maltu rovná 2,0. V ostatních případech je nutno součinitel stanovit rozbořem s ohledem na způsob zjištění pevnostních charakteristik.
- γ_{m2} je součinitel zahrnující vliv pravidelnosti vazby zdiva a vyplnění spár maltou: $0,85 < \gamma_{m2} < 1,2$ dolní mez intervalu platí pro zcela pravidelnou vazbu a dokonalé vyplnění spár.
- γ_{m3} je součinitel zahrnující vliv zvýšené vlhkosti. Pro vlhkost zdiva v intervalu od 4 % do 20 % se součinitel určí lineární interpolací mezi hodnotami $1,0 < \gamma_{m3} < 1,25$.
- γ_{m4} je součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu $1,0 < \gamma_{m4} < 1,4$. Dolní mez platí pro neporušené zdivo bez trhlin [4].

2.4.3 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu zdících prvků

Cílem stanovení pevnosti v tahu za ohybu je zjištění napětí, které je vyvolané ohybovým momentem při porušení zátěžového vzorku. Zdící prvky se zatěžují jedním břemenem v polovině rozpětí [12].



obrázek 8, zkouška pevnosti v tahu za ohybu cihel o rozměrech 290×140×65 mm.

Pevnost v tahu za ohybu v N/mm² potom určíme podle ČSN 72 2605 jako:

$$\sigma_{po} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{F \times l}{4}}{\frac{b \times h^2}{6}} = \frac{3}{2} \times \frac{F \times l}{b \times h^2} \quad (1.8)$$

Kde:

- F je síla potřebná k porušení vzorku [N],
- l je osová vzdálenost podpěr [mm],
- b je šířka vzorku [mm],
- h je výška vzorku v místě zlomu [mm],
- σ_{po} je pevnost v tahu za ohybu [N/mm²].

V případě, že určíme pevnost v tahu za ohybu je vhodné na vzniklých tělesech určit i pevnost v tlaku. Za předpokladu, že během zkoušky tahu za ohybu vznikla pravidelná a přibližně kolmá lomová plocha a obě části vzorku nejsou nijak poškozené [12]. Pevnost v tlaku je stanovena dle [10]. Při stanovení pevnosti v tlaku jsou vzorky do zkušebního lisu vloženy ložnou plochou a jsou zatěžovány kolmo na tuto plochu. Zatěžování vzorku probíhá plynule zvyšující se rychlostí až do dosažení síly, která je rovna přibližně polovině hodnoty zatížení při porušení. Poté se rychlost upraví tak, aby se maximálního zatížení dosáhlo nejdříve za 1 minutu [10]. Tohoto postupu bylo využito v této bakalářské práci.

2.5 Litinové konstrukce

Litina je slitina železa, uhlíku ale i dalších prvků. Uhlík je v nich vyloučen jako grafit případně vázán jako karbid. Obsah uhlíku v litinách bývá vyšší, než odpovídá jeho maximální rozpustnosti v austenitu (tuhý roztok uhlíku v železe). To je přibližně víc než 2 % uhlíku. Litina se vyrábí ze surového železa a litinového nebo ocelového šrotu s koksem a vápencem. Taví se v tavících pecích při teplotě okolo 1500 °C [13].

Litina se ve stavebnictví začala používat na přelomu 12. a 13. století. Dříve se litina vyhazovala jako odpad při výrobě železa. Plný rozvoj litinových konstrukcí nastal až v 19. století. V České republice jsou zachované především litinové sloupy s hlavicemi. V praxi se ukázalo, že litina kvůli svojí křehkosti a schopnosti odolávat

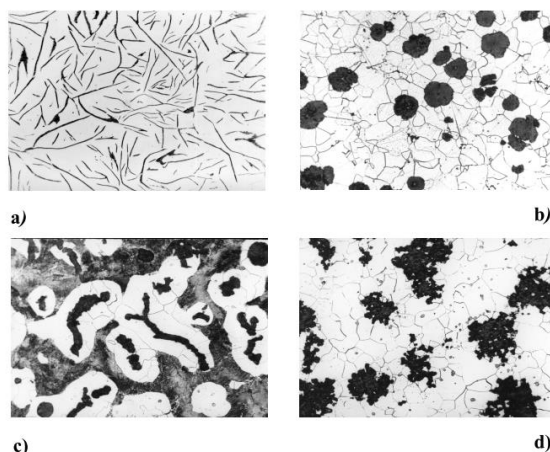
jen namáhání v tlaku není příliš vhodný materiál, proto byla litina nahrazena svářkovým železem a později ocelí [14].

2.5.1 Rozdělení litin

Základní faktor pro rozdělení litin je tvar vyloučeného grafitu. Rozdělujeme litiny grafické a litiny karbidické.

a) Grafické litiny:

- **Litina s lupínkovým grafitem LLG** (tzv. šedá litina) – obsahuje grafit, který je ve tvaru prostorových útvarů (podobné zelné hlávce), které mají na metalografickém výbrusu tvar lupínků. Lupínky mají podstatně větší délku než tloušťku a mají ostré konce. LLG je nejobvyklejším typem vyráběné litiny.
- **Litina s kuličkovým grafitem – LKG** (tzv. tvárná litina) – obsahuje grafit ve formě kuliček. Ideálním tvarem (vzhledem k vlastnostem) je dokonalá kulička. Častější však bývá grafit „nedokonale zrnitý“.
- **Litina vermikulární – LVG** (litina s červíkovitým grafitem) - vermikulární grafit má podobný tvar jako grafit lupínkový. Ve srovnání s šedou litinou jsou útvary kratší, tlustší a mají většinou zaoblený konec. Tato litina obvykle obsahu také lupínkový nebo kuličkový grafit.
- **Temperovaná litina – TL** (dříve také litina s vločkovým grafitem) – grafit je ve formě vloček. [13].



obrázek 9, tvar grafitu v litinách: a) lupínkový - LLG, b) kuličkový - LKG, c) vermikulární - LVG d) vločkový - TL [14].

Lupínkový grafit obvykle vzniká bez jakýchkoli metalurgických zásahů, ale pro získání litiny s kuličkovým nebo vermikulárním grafitem nutné provádět modifikace.

Rozložení a tvar grafitu má zásadní vliv na mechanické vlastnosti litin. Grafit má sám o sobě velmi malou pevnost. Tím že grafit zmenšuje nosný průřez základní kovové hmoty, snižuje pevnost litiny. Současně také dochází na konci útvarů grafitu ke koncentraci napětí (grafit působí vrubovým účinkem). Vrubový účinek je tím větší, čím je větší ostrohranost zakončení útvarů. Z toho důvodu je nejméně vhodný lupínkový grafit, nepříznivější je potom grafit kuličkový. Proto má LKG podstatně lepší mechanické vlastnosti než LLG [13].

b) Karbidické litiny

Grafit je úplně nebo částečně vázán jako karbid železa, manganu, chromu a dalších karbidotvorných prvků. Karbidické litiny mívají jak vysokou tvrdost, tak i otěruvzdornost [13].

2.5.2 Požární bezpečnost litinových konstrukcí

Změny mechanických vlastností litiny za zvýšených teplot jsou hodně podobné změnám oceli. Dnes se někdy objevují duté litinové sloupy kruhových průřezů, u kterých bývá požadavek požární odolnosti podle druhu a kvality litiny. Zvýšení požární odolnosti i statických rezerv je možná např. vyplnění dutých sloupů betonovou směsí. Čím větší je objemová hmotnost betonového jádra (např. přidáním ocelových pilin), tím větší je rychlost odmítání tepla litinového pláště při požáru. Při tomto způsobu ochrany je třeba umožnit odvod vodních par u hlavic sloupů. Pokud není vnější povrch litinových sloupů chráněn požárněizolačním materiálem, je nepřípustné v případě požáru sloupy hasit vodou [14].

2.5.3 Tvrdoměrné metody

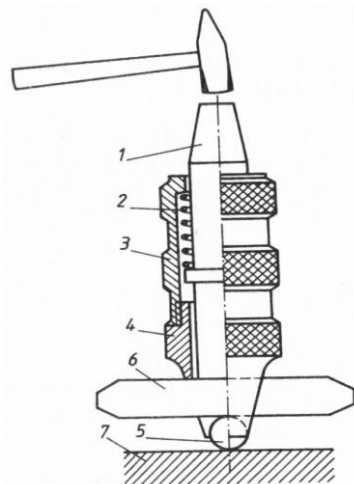
Tvrdost materiálu je dána odporem proti plastické (tvárné) deformaci materiálu. Tvrdoměrné metody jsou v praxi hodně využívány, protože jejich provádění je jednoduché a rychlé. Hodnotu tvrdosti však nelze jednoznačně definovat jako fyzikální veličinu. Různé tvrdoměrné metody poskytují odlišné hodnoty tvrdostí, a to i na stejném materiálu. Mezi jednotlivými metodami neexistuje exaktní vztah mezi hodnotami tvrdosti udávaných v nejrůznějších stupnicích a číslech. Existují jen přibližné porovnávací tabulky mezi jednotlivými hodnotami tvrdosti zjištěné různými tvrdoměrnými metodami. Podobně také nelze specifikovat obecný vztah mezi zjištěnou hodnotou tvrdosti a jinými mechanickými vlastnostmi (např. pevností).

Přesto existují pro řadu metod kalibrační vztahy. Takto stanovené pevnosti mají většinou charakter pouze nezaručených pevností [15].

Tvrdoměrných metod existuje celá řada (vrypové, vtiskové vnikající a odrazové). V této práci byla stanovena tvrdost litinových sloupů podle Brinella, pomocí Poldi kladívka, jedná se o metodu vtiskovou.

Zjištění tvrdosti Poldi kladívkem

Zkouška je vhodná především pro rychlé posouzení jakosti zejména zabudovaných materiálů v konstrukcích. Tato zkouška však není normovaná. Při zkoušce Poldi kladívkem porovnáváme průměr vtisku na srovnávací tyčince (známé tvrdosti) s průměrem vtisku na materiálu. Jedním úderem kladiva zatlačíme ocelovou kalenou kuličku současně do tyčinky i zkoušeného materiálu. Skutečná hodnota tvrdosti srovnávací tyčinky je vyjádřena její pevností v tahu vypočtená z Brinellovi tvrdosti. Tvrdost zkoumaného kovu se vyhledá na základě změřených průměrů d_1 a d_2 v tabulkách přístroje, které jsou pro každý kov a jeho slitinu zpracovány zvlášť [15].

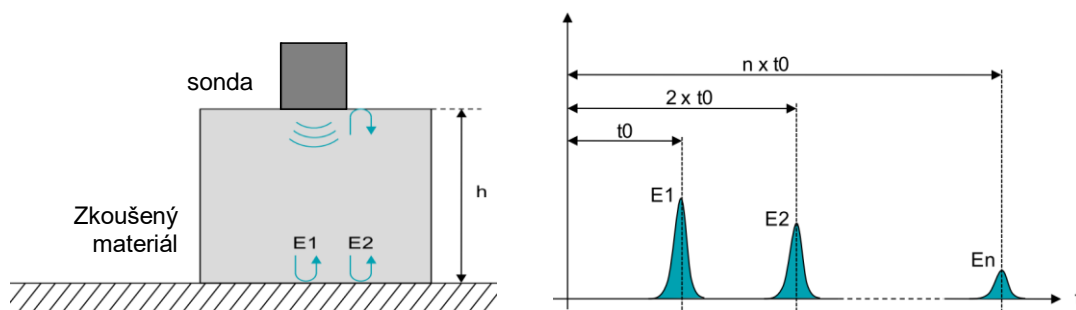


obrázek 10, Poldi kladívko 1) úderník, 2) pružina, 3) těleso, 4) nástavec, 5) kulička, 6) porovnávací tyčinka, 7) zkoušený materiál [16].

2.5.4 Měření tloušťek stěn litinových sloupů

Pro měření tloušťek materiálů se používají přenosné tloušťkoměry. Ultrazvukové tloušťkoměry používají ultrazvukovou odrazovou metodu a celou řadu různých sond jak jednoduchých, tak i dvojitých frekvencí. V této práci byl použit ultrazvukový tloušťkoměr **Zonotip od firmy Proceq**. Tento ultrazvukový tloušťkoměr je určen

k měření tloušťek jak železných, tak i neželezných kovů (hliník, měď apod.) ale i dalších materiálů s nízkým útlumem ultrazvuku (např. plastů). K měření používá dvojité ultrazvukový impuls procházející přes objekt z jednoho povrchu na druhý (obrázek 11). Tato hodnota je následně převedena na tloušťku daného materiálu [17].



obrázek 11, určení tloušťky objektu pomocí techniky ultrazvukových impulsů [19].

3. Praktická část

3.1 Základní údaje o objektu

Objekt, ve kterém byl proveden stavebně technický průzkum se nachází v Brně. Jedná se nejspíš o bývalou sýpku, která byla pravděpodobně postavena v roce 1863 (± 5 let). Průzkum objektu byl podmíněn plánovanou modernizací a přestavbou objektu na bytový dům s občanskou vybaveností. Investor má záměr, zachovat část původních konstrukcí, tak aby byl udržen historický charakter stavby. Jedná se o zděnou stavbu s pěti nadzemními podlažími a s jedním podzemním podlažím. Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny cihelným zdivem z cihel plných pálených, doplněné o vnitřní litinové sloupy. Sloupy se po jednotlivých podlažích liší (jak tloušťkou stěn, tak i rozměry a tvarem (obrázek 12 a obrázek 13)). Vodorovné nosné konstrukce jsou tvořeny dřevěnými průvlaky uložených na litinové sloupy a cihelné zdivo. Na průvlacích jsou uloženy dřevěné trámy, které jsou bez podbití a záklop tvoří přímo podlahu.



obrázek 12, pohled na konstrukci objektu v 1NP.



obrázek 13, pohled na konstrukci objektu ve 3NP.

3.2 Prvotní prohlídka

Při diagnostickém průzkumu konstrukce se při prvotní prohlídce využívá vizuální průzkum, který patří k nejjednodušším a nejstarším metodám používaných při stavebně technických průzkumech. Odhaluje povrchové vady a poruchy. Může také sloužit k výběru metod, které budou využity pro stanovení vlastností jednotlivých konstrukcí (pevnost zdiva v tlaku, pevnosti v tahu litinových sloupů apod.).

Při prvotní prohlídce bylo zjištěno hned několik vad. Jednou z nich bylo porušení zdiva v místech ostění otvorů, a to vypadnutím několika cihel (obrázek 14 a 15). To je pravděpodobně způsobeno degradací pojiva, které spočívá ve vydrolení malty ze spár s následným uvolňováním zdících prvků z vazby. Zdivo je zde také náchylnější na mechanické poškození, což k této poruše zdiva v místě ostění přezpívá.

Ve zdivu se místy objevovaly trhliny, a to především v cihelných překladech (obrázek 16). Tato porucha je nejspíše způsobena vynuceným přetvořením konstrukce. K tomu mohlo dojít změnou vlastností podloží a následným nerovnoměrným sedáním objektu. Další možnou příčinou mohou být terénní úpravy, které byly provedeny v minulosti a tím změna zemního tlaku. Daný objekt prošel v minulosti řadou stavebních změn, a proto mohou být trhliny způsobeny také následkem značného stálého nebo nahodilého zatížení, které může souviset právě s těmito stavebními úpravami nebo užíváním prostoru nad klenbou.

Jak již bylo zmíněno, tak objekt prošel v minulosti řadou stavebních změn, ať už se jednalo o přístavby, nebo stavební úpravy v závislosti na změně účelu stavby. V cihelném zdivu proto můžeme pozorovat řadu stavebních úprav (obrázek 17).



obrázek 14, vypadnutí několika cihel.



obrázek 15, poškození zdiva v místě ostění otvoru.



obrázek 16, trhлина v cihelném překlade.



obrázek 17, stavební úpravy v cihelném zdivu.

3.3 Návrh průzkumu

Stavebně technický průzkum se týká svislých nosných konstrukcí, které jsou tvořeny cihelným zdívem a litinovými sloupy. Jako nejvhodnější způsob určení pevnosti v tlaku zdících prvků byla zvolena nedestruktivní metoda tvrdoměrem Schmidt LB. Pevnost v tlaku zdících prvků stanovena nedestruktivně byla upřesněna zkouškami provedenými na tělesech zhotovených z jádrových vývrtů. Pro určení pevnosti malty v tlaku byla zvolena semidestruktivní metoda pomocí upravené ruční vrtačky TZÚS („Kučerova vrtačka“). Z konstrukce byly také pro informativní porovnání odebrány vzorky cihel. U litinových sloupů byla stanovena tvrdost podle Brinella. Pro zjištění tvrdosti byla použita metoda Poldi kladívka. Dále byla u sloupů stanovena tloušťka jejich stěn pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip od firmy proceq. U sloupů byly také změřeny jejich základní rozměry.

U cihelného zdiva byly nejprve provedeny nedestruktivní zkoušky pevnosti zdících prvků, a to pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Cihly byly zkoušeny po jednotlivých podlažích na třech zkušebních místech (v suterén, 3NP, 4NP a 5NP) a na čtyřech zkušebních místech (v 1NP a 2NP). Na každém místě bylo zkoušeno 6 cihel s 10 zkušebními odrazy. Následně byly na zkušebních místech provedeny semidestruktivní zkoušky pevnosti malty v tlaku. Touto zkouškou byla vrtná metoda pomocí upravené ruční vrtačky. Zkoušky upravenou ruční vrtačkou byly provedeny na šesti zkušebních místech (v suterénu, 3NP, 4NP a 5NP) a na osmi místech (v 1NP a 2NP). Nakonec bylo ze zkušebních míst odebráno celkem 9 vývrtů průměru 50 mm, pomocí kterých byly upřesněny nedestruktivní zkoušky zdících prvků. Z konstrukce bylo také pro informativní porovnání pevností v tlaku odebráno celkem 6 cihel. Na těchto cihlách byla stanovena pevnost v tlaku a pevnost v tahu za ohybu.

U litinových sloupů byla zjištěna tvrdost podle Brinella metodou Poldi kladívka na celkem 4 sloupech (v 1NP a 2NP) a na třech sloupech (ve 3NP, 4NP a 5NP). Dále byla u litinových sloupů stanovena tloušťka jejich stěn pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip, a to na celkem 4 sloupech (v 1NP, 2NP a 4NP) a 3 sloupech (ve 3NP a 5NP). Tloušťka stěn byla na sloupech měřena ve třech úrovních (v patě, ve středu a v hlavě sloupu). Na každé úrovni byla tloušťka měřena celkem čtyřikrát a z těchto hodnot byla stanovena průměrná hodnota. U sloupů byly dále změřeny jejich základní rozměry.

3.4 Zkoušky cihelného zdiva

Pevnost zdících prvků byla zjištěna nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB, vyhodnocené na základě kalibračního vztahu pro staré cihly (vztah 1.3). Takto získaná pevnost byla upřesněna zkouškami na tělesech zhotovených z jádrových vývrtů. Z hlediska statistiky má větší význam tvrdoměrné měření Schmidtovým kladívkem, ale použitý kalibrační vztah nemusí přesně odpovídat danému typu cihel, proto byly výsledky zkoušek reprezentativních částí cihel použity k upřesnění výsledků zkoušek nedestruktivních.

Přímo na místě byly provedeny nedestruktivní zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB. Zkoušky byly provedeny po jednotlivých podlažích na 18 cihlách (v suterénu, 3NP a 4NP) a 24 cihlách (v 1NP a 2NP).

Pro upřesnění výsledků nedestruktivních zkoušek bylo z konstrukce odebráno celkem 9 jádrových vývrtů o průměru 50 mm.



obrázek 18, před provedením tvrdoměrné zkoušky byl povrch cihel obroušen pomocí úhlové brusky.



obrázek 20, provádění tvrdoměrné zkoušky cihel pomocí Schmidt LB.



obrázek 19, místo odběru jádrového vývrtu pro upřesnění tvrdoměrných zkoušek.

Pevnost malty byla zjištěna semidestruktivní metodou, pomocí upravené ruční vrtačky TZÚS. Na základě kalibračního vztahu byla stanovena pevnost malty v tlaku (vztah 1.1).

Z konstrukce bylo také pro informativní porovnání odebráno 6 cihel, na kterých byla zjištěna pevnost v tahu za ohybu a následně pevnost v tlaku (dle kapitoly 2.4.3).



obrázek 21, odebraný vzorek cihly.

3.5 Vyhodnocení výsledků zkoušek cihelného zdiva

Ke stanovení pevnosti cihel z tvrdoměrných měření Schmidt LB byl použit kalibrační vztah (1.3). Nedestruktivní zkoušky byly upřesněny zkouškami na menším počtu reprezentativních částí cihel. Tyto vzorky byly zhotoveny z jádrových vývrtů průměru 50 mm, které byly rozdrčeny v lisu. Tímto způsobem se získá součinitel upřesnění α , kterým se následně upraví všechny výsledky pevností, které byly získány z nedestruktivních tvrdoměrných zkoušek na konstrukci.

Pevnost v tlaku zkušebních těles v MPa získáme:

$$f_{b,p} = \frac{F}{A} \quad (1.9)$$

Kde:

- F je zatížení při porušení [N],
- A je tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů vzorků [mm²].

Normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků v MPa je poté určena jako:

$$f_b = \delta \times f_{b,p} \quad (1.10)$$

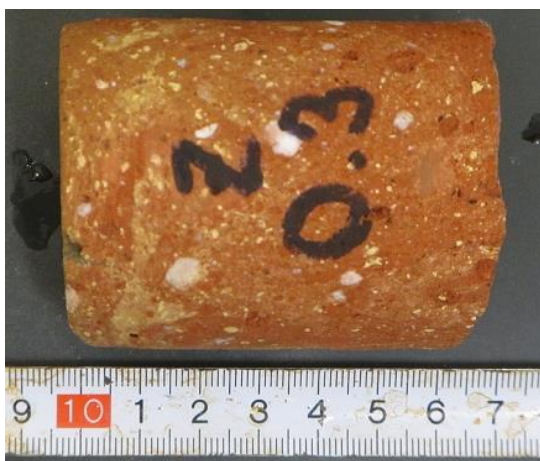
Kde

- δ je součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků dle [10].

Všechny pevnosti v tlaku zdících prvků byly přepočteny na pevnost v tlaku celých zdících prvků a na normalizovanou pevnost v tlaku zdících prvků f_b .

3.5.1 Vyhodnocení vývrtů z cihel pro stanovení upřesňujícího součinitele α

Z konstrukce bylo odebráno celkem 9 jádrových vývrtů o průměru 50 mm (Tabulka 2). Na zkušebních tělesech zhotovených z jádrových vývrtů byla stanovena normalizovaná pevnost v tlaku f_b (vztah 1.10). Dále byla stanovena objemová hmotnost. Pro výpočet součinitele upřesnění α byly použity hodnoty přepočtené na celé zdící prvky $f_{b,u}$. Z důvodu toho, že vyhodnocení tvrdoměrných zkoušek byl použit směrný kalibrační vztah stanovený na celých cihlách (Tabulka 3).



obrázek 22, jádrový vývrt odebraný z konstrukce.



obrázek 23, zatěžování vývrtu v lisu.

Tabulka 2, charakteristiky vývrtů z cihel.

označení vývrtu	umístění	\varnothing [mm]	výška [mm]	hmotnost [g]	síla v tlaku F_c [kN]
V1	Z.0.2.3	53,62	56,08	202,4	45,1
V2	Z.0.3.4	54,04	52,03	196,1	35,6
V3	Z.1.2.6	53,70	55,26	197,6	22,7
V4	Z.1.3.2	53,90	56,08	221,1	19,6
V5	Z.2.2.5	53,95	57,53	228,4	36,3
V6	Z.2.4.5	53,81	52,48	193,1	21,7
V7	Z.3.1.4	53,68	55,49	195,8	26,7
V8	Z.4.2.1	53,94	55,43	202,4	24,2
V9	Z.5.3.1	53,47	56,31	210,3	17,6

Tabulka 3, součinitel upřesnění α nedestruktivních zkoušek.

umístění	pevnost $f_{be,u}$ [MPa]	ozn. vývrtu	objemová hmotnot [kg/m ³]	pevnost v tlaku $f_{b,p}$ [MPa]	normalizovaná pevnost f_b [MPa]	přepočet na celou cihlu pevnost $f_{b,u}$ [MPa]	α
Z.0.2.3	16,4	V1	1598	19,1	16,2	21,1	0,68
Z.0.3.4	19,8	V2	1643	16,1	13,7	17,8	
Z.1.2.6	18,9	V3	1579	9,7	8,3	10,7	
Z.1.3.2	16,7	V4	1728	8,3	7,0	9,1	
Z.2.2.5	27,3	V5	1737	14,9	12,6	16,4	
Z.2.4.5	21,9	V6	1618	9,8	8,3	10,8	
Z.3.1.4	20,0	V7	1559	11,4	9,7	12,6	
Z.4.2.1	18,8	V8	1598	10,3	8,8	11,4	
Z.5.3.1	13,2	V9	1663	7,4	6,3	8,2	

Součinitel α byl stanoven jako:

$$\alpha = \frac{\sum f_{b,u}}{\sum f_{be,u}} = \frac{118,1}{173,0} = 0,68 \quad (1.11)$$

3.5.2 Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – suterén

V suterénu byly provedeny nedestruktivní zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB na celkem 3 zkušebních místech. Na každém místě bylo zkoušeno 6 cihel s 10 zkušebními odrazy. Dále byly odebrány 2 vývrty o průměru 50 mm (rozmístění viz obrázek 26 a obrázek 27). Byly provedeny také semidestruktivní zkoušky upravenou ruční vrtačkou, a to celkem na 6 místech.

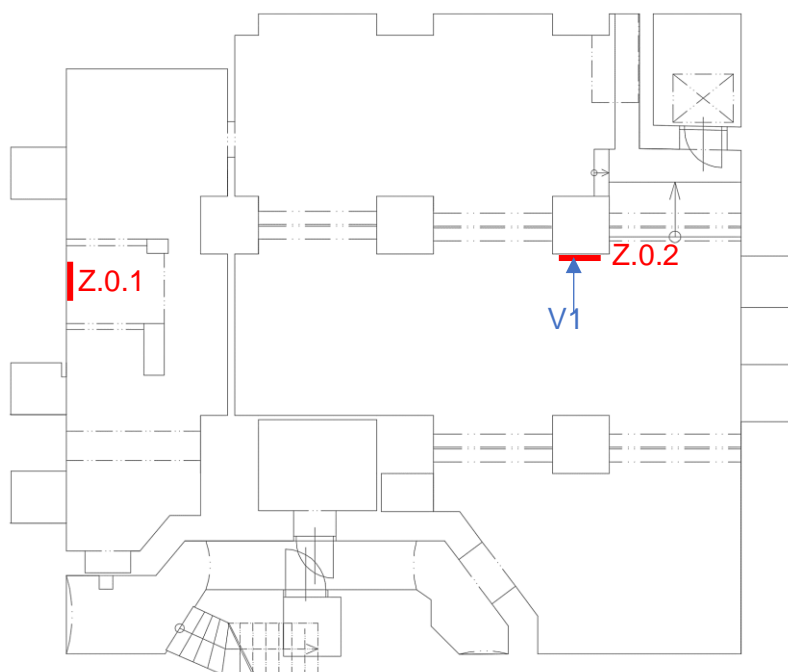
V suterénu se nachází pilíře z cihelného zdiva, které jsou uloženy na patky. Patky mají rozměr cca 2000 x 2000 mm. Jsou zhotoveny z kamenných kvádrů (cca 600 x 400 x 300 mm) a menších kamenů jako výplň. Kvádry nejsou spojeny maltou, pouze proházené pískem s jílem. Z kvádrů měl být proveden jádrový vývrt, což se ale z technických důvodů nezdařilo.



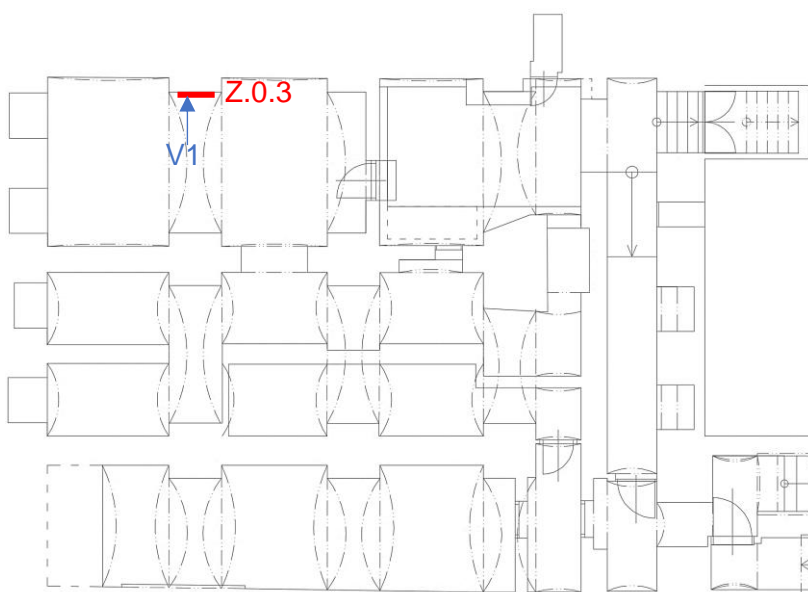
obrázek 24, cihelný pilíř uložený na kamenné patce.



obrázek 25, kamenná patka cihelného pilíře.



obrázek 26, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v suterénu.



obrázek 27, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v suterénu.

a) Stanovení pevnosti zdících prvků v tlaku (suterén)

Pevnost cihel v tlaku byla zkoušena nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Abychom získali rozsáhlý soubor výsledků pevností v tlaku, bylo v suterénu zkoušeno celkem 18 cihel. Byla stanovena průměrná pevnost zdících prvků (včetně zohlednění dolní hranice konfidenčního intervalu pro průměr) a také normalizovaná pevnost v

tlaku zděicích prvků dle [10]. Hodnota normalizované pevnosti v tlaku f_b byla stanovena na 8,88 MPa (Tabulka 4).

Tabulka 4, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (suterén).

ozn. Vzorku	$f_{be,u}$ [MPa]										$f'_{be,u}$ [MPa]	meze $\pm 20\%$	$f_{be,u}$ [MPa]	α	$f_{be,u}$ [MPa]
Z.0.1 .1	27	29	23	22	22	25	22	24	27	21	24,4	19,5	29,3	24,4	16,6
Z.0.1 .2	20	18	12	13	17	14	15	12	18	16	15,2	12,2	18,2	15,5	10,5
Z.0.1 .3	10	11	14	14	13	16	14	17	15	10	13,1	10,5	15,7	13,5	9,2
Z.0.1 .4	17	18	18	15	22	21	18	15	16	12	17,0	13,6	20,4	16,4	11,2
Z.0.1 .5	13	13	16	16	18	12	12	12	16	16	14,1	11,2	16,9	13,7	9,3
Z.0.1 .6	19	16	21	25	18	21	23	23	21	16	20,5	16,4	24,6	21,2	14,4
Z.0.2 .1	14	18	12	14	12	18	18	18	19	21	16,3	13,0	19,5	16,8	11,4
Z.0.2 .2	13	12	14	16	14	14	17	16	14	14	14,1	11,2	16,9	14,1	9,6
Z.0.2 .3	16	16	18	21	19	18	14	14	19	16	16,9	13,5	20,3	16,4	11,2
Z.0.2 .4	21	21	18	21	19	18	19	19	19	18	19,4	15,5	23,3	19,4	13,2
Z.0.2 .5	25	23	19	21	19	14	25	21	19	19	20,8	16,6	24,9	20,5	13,9
Z.0.2 .6	14	14	18	21	19	16	18	16	18	19	17,1	13,7	20,5	17,5	11,9
Z.0.3 .1	19	18	14	12	21	14	16	18	18	16	16,4	13,2	19,7	16,4	11,2
Z.0.3 .2	21	14	21	25	27	22	23	27	19	20	22,1	17,7	26,5	21,9	14,9
Z.0.3 .3	17	19	16	18	18	16	16	16	14	19	16,6	13,3	20,0	16,6	11,3
Z.0.3 .4	19	18	21	19	18	19	21	21	25	21	20,4	16,3	24,4	19,8	13,5
Z.0.3 .5	18	19	18	21	19	20	19	21	22	18	19,6	15,7	23,5	19,6	13,3
Z.0.3 .6	14	18	21	19	16	21	25	18	19	18	18,8	15,1	22,6	18,7	12,7
průměr: $f'_{be,u}$															12,2
počet platných měření: n															18
výběrová směrodatná odchylka: s_r															2,03
hodnota součinitele t_n															0,32
zaručený průměr: $f_{b,u}=f'_{be,u} - t_n \times s_r$															11,53
součinitel vlivu šířky a výšky zděického prvku: δ															0,77
normalizovaná pevnost: $f_b=f_{b,u} \times \delta$															8,88

Na základě výsledků nedestruktivních zkoušek zděicích prvků upřesněných pomocí zkoušek pevnosti v tlaku na reprezentativních částech zděicích prvků lze zděicím prvkům přiřadit pevnostní značku 10 (MPa) dle [18].

b) Stanovení pevnosti malty v tlaku (suterén)

Pevnost malty v tlaku byla stanovena pomocí semidestruktivní metody – upravené ruční vrtačky TZÚS (kapitola 2.2.2). Hodnota f_m byla stanovena na 0,44 MPa.

Tabulka 5, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (suterén).

zkušební místo	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	d _m [mm]	meze		f _{m,i} [MPa]
					d _{min}	d _{max}	
M1	60	65	62	62	43,4	80,6	0,30
M2	35	45	45	42	29,4	54,6	0,55
M3	50	40	65	52	36,4	67,6	0,40
M4	45	56	35	45	31,5	58,5	0,50
M5	15	18	16	16	11,2	20,8	2,48
M6	18	18	21	19	13,3	24,7	1,90
průměr: m _x							1,02
počet platných měření: n							6
výběrová směrodatná odchylka: s _x							0,93
hodnota součinitele tn							0,627
pevnost f _m =m _x - s _x x t _n							0,44

c) Stanovení charakteristické pevnosti zdiva (suterén)

charakteristická pevnost zdiva v tlaku byla stanovena dle [4] a to jako:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 0,44 \times 8,88^{0,7} \times 0,44^{0,3} = 1,58 \text{ MPa}$$

d) Stanovení návrhové pevnosti zdiva (suterén)

Při stanovení návrhové pevnosti zdiva byly zohledněny další vlivy dle [4] a to:

- $\gamma_{m1} = 2,0$ – jedná se o základní dílčí součinitel spolehlivosti.
- $\gamma_{m2} = 0,95$ – vazba zdiva i vyplnění spár maltou zde byla zcela v pořádku.
- $\gamma_{m3} = 1,1$ – v suterénu byla vlhkost okolo 10%.
- $\gamma_{m4} = 1,0$ – zdivo bylo zcela bez trhlin.

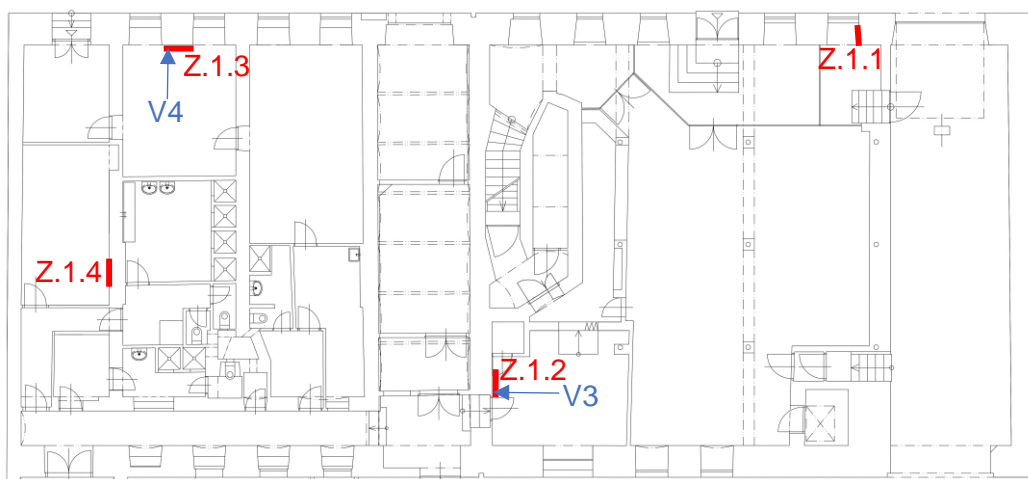
$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4} = 2,0 \times 0,95 \times 1,1 \times 1,0 = 2,09$$

Návrhovou pevnost poté stanovíme jako:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{1,58}{2,09} = 0,76 \text{ MPa}$$

3.5.3 Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 1NP

V 1NP byly provedeny nedestruktivní zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB na celkem 4 zkušebních místech, na každém místě bylo zkoušeno 6 cihel s 10 zkušebními odrazy. Dále byly odebrány 2 vývrtů o průměru 50 mm (rozmístění viz obrázek 28). Byly provedeny také semidestruktivní zkoušky upravenou ruční vrtačkou, a to celkem na 8 místech.



obrázek 28, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v 1NP.

a) Stanovení pevnosti zdících prvků v tlaku (1NP)

Pevnost v tlaku cihel byla zkoušena nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Abychom získali rozsáhlý soubor výsledků pevností v tlaku, bylo v 1NP zkoušeno celkem 24 cihel. Byla stanovena průměrná pevnost zdících prvků (včetně zohlednění dolní hranice konfidenčního intervalu pro průměr) a také normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků dle [10]. Hodnota normalizované pevnosti v tlaku f_b byla stanovena na 9,26 MPa (Tabulka 6).

Tabulka 6, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (1NP).

ozn. Vzorku	$f_{be,u}$ [MPa]										$f'_{be,u}$ [MPa]	meze $\pm 20\%$		$f_{be,u}$ [MPa]	α	$f_{be,u}$ [MPa]
Z1.1 .1	21	16	23	19	21	23	23	18	21	18	20,5	16,4	24,6	21,0	0,68	14,3
Z1.1 .2	23	21	25	19	25	21	29	31	31	28	25,4	20,3	30,5	24,7		16,8
Z1.1 .3	18	18	18	17	19	18	16	21	18	18	18,0	14,4	21,6	18,0		12,2
Z1.1 .4	18	18	18	18	16	19	21	16	19	18	18,0	14,4	21,6	18,0		12,2
Z1.1 .5	21	21	23	25	21	25	21	22	21	19	22,2	17,7	26,6	22,2		15,1
Z1.1 .6	21	25	21	19	25	23	19	23	23	19	22,1	17,7	26,5	22,1		15,0
Z1.2 .1	14	14	14	12	12	12	14	12	16	14	13,1	10,5	15,7	13,1		8,9
Z1.2 .2	18	16	12	14	18	18	16	19	16	18	16,2	12,9	19,4	16,3		11,1
Z1.2 .3	19	18	18	21	18	19	18	19	19	18	18,8	15,1	22,6	18,8		12,8
Z1.2 .4	19	21	18	16	18	14	18	16	18	19	17,5	14,0	21,0	17,5		11,9
Z1.2 .5	14	16	14	14	19	16	14	12	16	14	14,6	11,7	17,6	14,1		9,6
Z1.2 .6	18	18	14	16	19	19	21	21	19	23	18,8	15,1	22,6	18,9		12,9
Z1.3 .1	16	18	19	18	16	18	16	19	16	18	17,1	13,7	20,5	17,1		11,6
Z1.3 .2	18	16	18	18	14	19	16	18	18	16	16,7	13,4	20,1	16,7		11,4
Z1.3 .3	14	19	16	21	16	18	18	19	19	21	18,1	14,5	21,7	18,6		12,6
Z1.3 .4	19	19	21	19	19	21	21	21	19	19	20,2	16,1	24,2	20,2		13,7
Z1.3 .5	16	14	16	16	16	12	14	12	16	18	14,6	11,7	17,6	14,6		9,9
Z1.3 .6	10	10	8	10	10	8	6	10	8	10	8,9	7,1	10,7	9,2		6,3
Z1.4 .1	16	19	18	18	16	18	19	16	18	18	17,4	13,9	20,9	17,4		11,8
Z1.4 .2	31	23	25	23	29	29	23	27	29	31	27,1	21,6	32,5	27,1		18,4
Z1.4 .3	26	25	26	25	18	27	23	27	23	21	24,2	19,4	29,0	24,9		17,0
Z1.4 .4	18	19	16	19	18	14	18	18	14	16	16,7	13,4	20,1	16,7		11,4
Z1.4 .5	18	21	29	23	21	27	26	21	21	29	23,7	19,0	28,5	23,1		15,7
Z1.4 .6	21	21	25	18	19	21	21	18	21	18	20,4	16,3	24,4	19,8		13,5
průměr: $f_{be,u}$															12,8	
počet platných měření: n															24	
výběrová směrodatná odchylka: s_r															2,75	
hodnota součinitele t_n															0,27	
zaručený průměr: $f_{b,u}=f'_{be,u} - t_n \times s_r$															12,02	
součinitel vlivu šířky a výšky zdíčního prvku: δ															0,77	
normalizovaná pevnost: $f_b=f_{b,u} \times \delta$															9,26	

Na základě výsledků nedestruktivních zkoušek zdíčních prvků upřesněných pomocí zkoušek pevnosti v tlaku na reprezentativních částech zdíčních prvků lze zdíčním prvkům přiřadit pevnostní značku 10 (MPa) dle [18].

b) Stanovení pevnosti malty v tlaku (1NP)

Pevnost malty v tlaku byla stanovena pomocí semidestruktivní metody – upravené ruční vrtačky TZÚS (kapitola 2.2.2). Hodnota f_m byla stanovena na 0,40 MPa.

Tabulka 7, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (1NP).

zkušební místo	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	d _m [mm]	meze		f _{m,i} [MPa]
					d _{min}	d _{max}	
M1	48	46	48	47	32,9	61,1	0,46
M2	50	64	40	51	35,7	66,3	0,41
M3	63	58	59	60	42,0	78,0	0,32
M4	60	57	57	58	40,6	75,4	0,33
M5	42	38	47	42	29,4	54,6	0,55
M6	36	46	47	43	30,1	55,9	0,53
M7	52	62	37	50	35,0	65,0	0,42
M8	51	42	45	46	32,2	59,8	0,48
průměr: m_x							0,44
počet platných měření: n							8
výběrová směrodatná odchylka: s_x							0,09
hodnota součinitele t_n							0,5
pevnost $f_m = m_x - s_x \times t_n$							0,40

c) Stanovení charakteristické pevnosti zdiva (1NP)

charakteristická pevnost zdiva v tlaku byla stanovena dle [4] a to jako:

$$f_k = K f_b^{\alpha} f_m^{\beta} = 0,44 \times 9,26^{0,7} \times 0,40^{0,3} = 1,58 \text{ MPa}$$

d) Stanovení návrhové pevnosti zdiva (1NP)

Při stanovení návrhové pevnosti zdiva byly zohledněny další vlivy dle [4] a to:

- $\gamma_{m1} = 2,0$ – jedná se o základní dílčí součinitel spolehlivosti.
- $\gamma_{m2} = 1,0$ – vazba zdiva zde byla v pořádku, místy horší vyplnění spár maltou.
- $\gamma_{m3} = 1,0$ – vlhkost zdiva zde byla do 4%.
- $\gamma_{m4} = 1,0$ – zdivo bylo zcela bez trhlin.

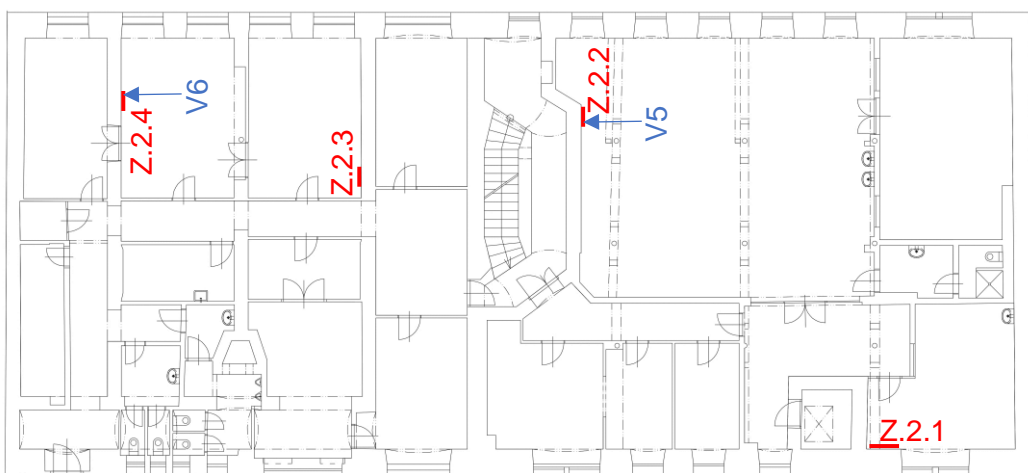
$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4} = 2,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,0$$

Návrhovou pevnost poté stanovíme jako:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{1,58}{2,0} = 0,79 \text{ MPa}$$

3.5.4 Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 2NP

V 2NP byly provedeny nedestruktivní zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB na celkem 4 zkušebních místech, na každém místě bylo zkoušeno 6 cihel s 10 zkušebními odrazy. Dále byly odebrány 2 vývrtý o průměru 50 mm (rozmístění viz obrázek 29). Byly provedeny také semidestruktivní zkoušky upravenou ruční vrtačkou, a to celkem na 8 místech.



obrázek 29, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v 2NP.

a) Stanovení pevnosti zdících prvků v tlaku (2NP)

Pevnost cihel byla zkoušena nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Abychom získali rozsáhlý soubor výsledků pevností v tlaku, bylo v 2NP zkoušeno celkem 24 cihel. Byla stanovena průměrná pevnost zdících prvků (včetně zohlednění dolní hranice konfidenčního intervalu pro průměr) a také normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků dle [10]. Hodnota normalizované pevnosti v tlaku f_b byla stanovena na 10,46 MPa (Tabulka 8).

Tabulka 8, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (2NP).

ozn. Vzorku	f _{be,u} [MPa]										f' _{be,u} [MPa]	meze ±20%		f _{be,u} [MPa]	α	f _{be,u} [MPa]
Z.2.1 .1	19	21	14	25	18	23	18	18	16	19	19,0	15,2	22,8	18,3	0,68	12,5
Z.2.1 .2	18	19	23	18	18	16	19	19	16	16	18,2	14,5	21,8	17,6		12,0
Z.2.1 .3	18	16	16	19	16	18	16	18	16	18	16,7	13,4	20,1	16,7		11,4
Z.2.1 .4	16	18	18	18	19	16	18	18	18	16	17,1	13,7	20,5	17,1		11,6
Z.2.1 .5	18	14	21	19	19	23	19	18	16	16	18,4	14,7	22,0	18,3		12,5
Z.2.1 .6	18	19	19	18	23	18	25	19	21	18	19,9	15,9	23,9	19,3		13,1
Z.2.2 .1	18	16	19	16	14	16	19	19	18	19	17,3	13,8	20,8	17,7		12,0
Z.2.2 .2	21	19	21	21	23	21	19	23	21	21	21,3	17,1	25,6	21,3		14,5
Z.2.2 .3	21	23	23	19	19	21	21	19	19	23	21,1	16,9	25,4	21,1		14,4
Z.2.2 .4	19	21	21	19	18	19	18	23	18	16	19,3	15,5	23,2	18,9		12,8
Z.2.2 .5	29	29	29	21	23	27	27	25	29	27	26,7	21,3	32,0	27,3		18,5
Z.2.2 .6	19	19	18	23	19	18	19	18	19	18	19,0	15,2	22,8	18,6		12,6
Z.2.3 .1	33	29	28	35	33	33	29	33	35	35	32,1	25,7	38,6	32,1		21,8
Z.2.3 .2	16	21	16	16	23	21	18	18	19	18	18,5	14,8	22,1	17,9		12,2
Z.2.3 .3	21	21	18	19	18	19	23	18	21	21	20,0	16,0	24,0	20,0		13,6
Z.2.3 .4	25	27	23	25	25	27	27	31	23	29	26,3	21,0	31,6	26,3		17,9
Z.2.3 .5	14	16	21	19	25	18	19	18	23	21	19,4	15,5	23,3	19,4		13,2
Z.2.3 .6	29	31	35	33	31	36	33	39	31	35	33,1	26,5	39,7	33,1		22,5
Z.2.4 .1	21	19	21	19	19	25	23	23	19	21	21,3	17,1	25,6	21,3		14,5
Z.2.4 .2	23	23	25	27	29	21	23	27	19	25	24,4	19,5	29,3	24,9		17,0
Z.2.4 .3	18	18	18	19	21	19	19	21	18	18	18,9	15,1	22,7	18,9		12,9
Z.2.4 .4	18	19	18	19	21	18	19	19	18	19	18,8	15,1	22,6	18,8		12,8
Z.2.4 .5	14	18	25	21	19	16	21	23	29	25	21,1	16,9	25,4	21,9		14,9
Z.2.4 .6	19	16	21	18	21	19	19	23	23	23	20,5	16,4	24,6	21,0		14,3
průměr: f' _{be,u}																14,4
počet platných měření: n																24
výběrová směrodatná odchylka: s _r																3,03
hodnota součinitele t _n																0,27
zaručený průměr: f _{b,u} =f' _{be,u} - t _n x s _r																13,58
součinitel vlivu šířky a výšky zdíciho prvku: δ																0,77
normalizovaná pevnost: f _b =f _{b,u} x δ																10,46

Na základě výsledků nedestruktivních zkoušek zdíciých prvků upřesněných pomocí zkoušek pevnosti v tlaku na reprezentativních částech zdíciých prvků lze zdíciím prvkům přiřadit pevnostní značku 10 (MPa) dle [18].

b) Stanovení pevnosti malty v tlaku (2NP)

Pevnost malty v tlaku byla stanovena pomocí semidestruktivní metody – upravené ruční vrtačky TZÚS (kapitola 2.2.2). Hodnota f_m byla stanovena na 0,62 MPa.

Tabulka 9, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (2NP).

zkušební místo	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	d _m [mm]	meze		f _{m,i} [MPa]
					d _{min}	d _{max}	
M1	40	40	40	40	28	52	0,60
M2	40	40	40	40	28	52	0,60
M3	38	37	34	36	25,2	46,8	0,70
M4	35	30	36	34	23,8	44,2	0,77
M5	28	40	38	35	24,5	45,5	0,73
M6	36	30	42	36	25,2	46,8	0,70
M7	46	48	31	42	29,4	54,6	0,55
M8	39	36	40	38	26,6	49,4	0,65
průměr: m_x							0,66
počet platných měření: n							8
výběrová směrodatná odchylka: s_x							0,08
hodnota součinitele t_n							0,5
pevnost $f_m = m_x - s_x \times t_n$							0,62

c) Stanovení charakteristické pevnosti zdiva (2NP)

charakteristická pevnost zdiva v tlaku byla stanovena dle [4] a to jako:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 0,44 \times 10,46^{0,7} \times 0,62^{0,3} = 1,97 \text{ MPa}$$

d) Stanovení návrhové pevnosti zdiva (2NP)

Při stanovení návrhové pevnosti zdiva byly zohledněny další vlivy dle [4] a to:

- $\gamma_{m1} = 2,0$ – jedná se o základní dílčí součinitel spolehlivosti.
- $\gamma_{m2} = 1,0$ – vazba zdiva zde byla v pořádku, místy horší vyplnění spár maltou.
- $\gamma_{m3} = 1,0$ – vlhkost zdiva zde byla do 4%.
- $\gamma_{m4} = 1,0$ – zdivo bylo zcela bez trhlin.

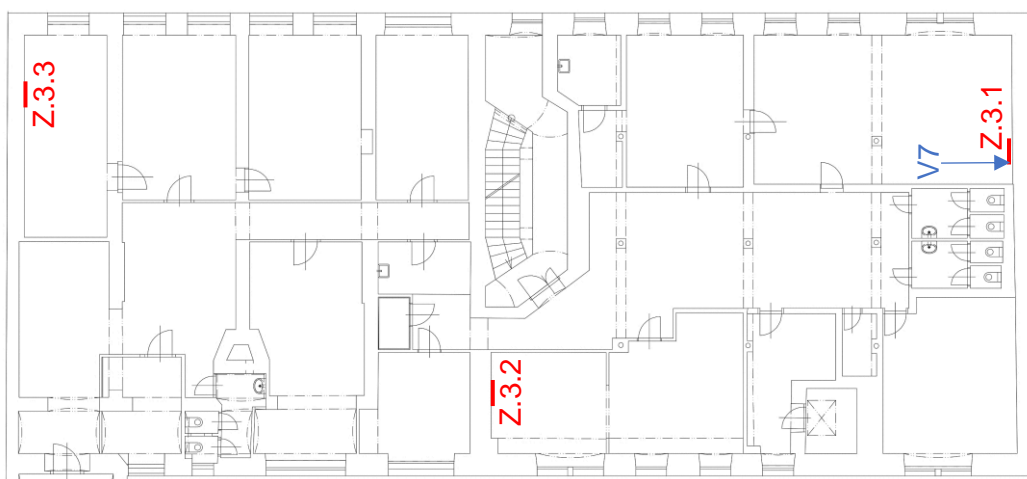
$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4} = 2,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,00$$

Návrhovou pevnost poté stanovíme jako:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{1,97}{2,0} = 0,99 \text{ MPa}$$

3.5.5 Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 3NP

V 3NP byly provedeny nedestruktivní zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB na celkem 3 zkušebních místech, na každém místě bylo zkoušeno 6 cihel s 10 zkušebními odrazy. Dále byl odebrán vývrt o průměru 50 mm (rozmístění viz obrázky 30). Byly provedeny také semidestruktivní zkoušky upravenou ruční vrtačkou, a to celkem na 6 místech.



obrázek 30, rozmístění zkušebních míst a vývrtu v 3NP.

a) Stanovení pevnosti zdících prvků v tlaku (3NP)

Pevnost v tlaku cihel byla zkoušena nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Abychom získali rozsáhlý soubor výsledků pevností v tlaku, bylo v 3NP zkoušeno celkem 18 cihel. Byla stanovena průměrná pevnost zdících prvků (včetně zohlednění dolní hranice konfidenčního intervalu pro průměr) a také normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků dle [10]. Hodnota normalizované pevnosti v tlaku f_b byla stanovena na 8,92 MPa (Tabulka 10).

Tabulka 10, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (3NP).

ozn. Vzorku	f _{be,u} [MPa]										f' _{be,u} [MPa]	meze ±20%		f _{be,u} [MPa]	α	f _{be,u} [MPa]	
Z.3.1 .1	14	18	18	14	16	16	16	14	18	18	15,8	12,6	18,9	15,8	0,68	10,7	
Z.3.1 .2	10	13	14	18	19	16	19	14	14	16	15,1	12,1	18,1	14,6		9,9	
Z.3.1 .3	14	13	18	14	14	18	16	16	16	14	14,9	11,9	17,9	14,9		10,1	
Z.3.1 .4	14	13	21	21	23	21	19	19	19	18	18,9	15,1	22,7	20,0		13,6	
Z.3.1 .5	21	23	19	21	19	19	19	18	19	18	19,8	15,8	23,8	19,8		13,5	
Z.3.1 .6	21	18	18	16	14	21	19	21	19	19	18,6	14,9	22,4	19,2		13,1	
Z.3.2 .1	18	19	21	19	18	19	21	19	25	19	20,0	16,0	24,0	19,4		13,2	
Z.3.2 .2	21	19	19	19	19	18	18	19	16	18	18,6	14,9	22,4	18,6		12,7	
Z.3.2 .3	16	18	14	12	19	14	16	14	16	16	15,2	12,2	18,2	15,1		10,3	
Z.3.2 .4	12	10	10	10	8	10	8	10	10	11	9,8	7,8	11,7	9,5		6,5	
Z.3.2 .5	14	16	19	18	16	14	18	16	19	19	16,7	13,4	20,1	16,7		11,4	
Z.3.2 .6	19	19	19	21	21	18	21	19	19	23	20,2	16,1	24,2	20,2		13,7	
Z.3.3 .1	18	18	16	18	19	19	18	16	18	19	17,7	14,2	21,2	17,7		12,0	
Z.3.3 .2	21	19	25	26	22	21	21	21	27	23	22,9	18,3	27,4	22,9		15,5	
Z.3.3 .3	19	21	18	21	18	18	16	18	21	19	18,8	15,1	22,6	18,8		12,8	
Z.3.3 .4	19	16	19	18	19	16	16	19	19	18	17,9	14,3	21,5	17,9		12,2	
Z.3.3 .5	25	24	21	25	23	25	27	21	25	23	24,1	19,3	28,9	24,1		16,4	
Z.3.3 .6	21	19	19	19	19	21	20	23	21	23	20,8	16,7	25,0	20,8		14,2	
průměr: f' _{be,u}																12,3	
počet platných měření: n																18	
výběrová směrodatná odchylka: s _r																2,29	
hodnota součinitele t _n																0,32	
zaručený průměr: f _{b,u} =f' _{be,u} - t _n x s _r																11,59	
součinitel vlivu šířky a výšky zdíciho prvku: δ																0,77	
normalizovaná pevnost: f _b =f _{b,u} x δ																8,92	

Na základě výsledků nedestruktivních zkoušek zdíciých prvků upřesněných pomocí zkoušek pevnosti v tlaku na reprezentativních částech zdíciých prvků lze zdíciým prvkům přiřadit pevnostní značku 10 (MPa) dle [18].

b) Stanovení pevnosti malty v tlaku (3NP)

Pevnost malty v tlaku byla stanovena pomocí semidestruktivní metody – upravené ruční vrtačky TZÚS (podle kapitoly 2.2.2). Hodnota f_m byla stanovena na 0,37 MPa.

Tabulka 11, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (3NP).

zkušební místo	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	d _m [mm]	meze		f _{m,i} [MPa]
					d _{min}	d _{max}	
M1	48	55	67	57	39,9	74,1	0,34
M2	60	44	59	54	37,8	70,2	0,37
M3	54	55	57	55	38,5	71,5	0,36
M4	35	46	38	40	28	52	0,60
M5	51	48	53	51	35,7	66,3	0,41
M6	35	34	37	35	24,5	45,5	0,73
průměr: m_x							0,47
počet platných měření: n							6
výběrová směrodatná odchylka: s_x							0,16
hodnota součinitele t_n							0,627
pevnost f_m=m_x - s_x x t_n							0,37

c) Stanovení charakteristické pevnosti zdiva (3NP)

charakteristická pevnost zdiva v tlaku byla stanovena dle [4] a to jako:

$$f_k = K f_b^{\alpha} f_m^{\beta} = 0,44 \times 8,92^{0,7} \times 0,37^{0,3} = 1,51 \text{ MPa}$$

d) Stanovení návrhové pevnosti zdiva (3NP)

Při stanovení návrhové pevnosti zdiva byly zohledněny další vlivy dle [4] a to:

- **γ_{m1} = 2,0** – jedná se o základní dílčí součinitel spolehlivosti.
- **γ_{m2} = 1,0** – vazba zdiva zde byla v pořádku, místy horší vyplnění spár maltou.
- **γ_{m3} = 1,0** – vlhkost zdiva zde byla do 4%.
- **γ_{m4} = 1,0** – zdivo bylo zcela bez trhlin.

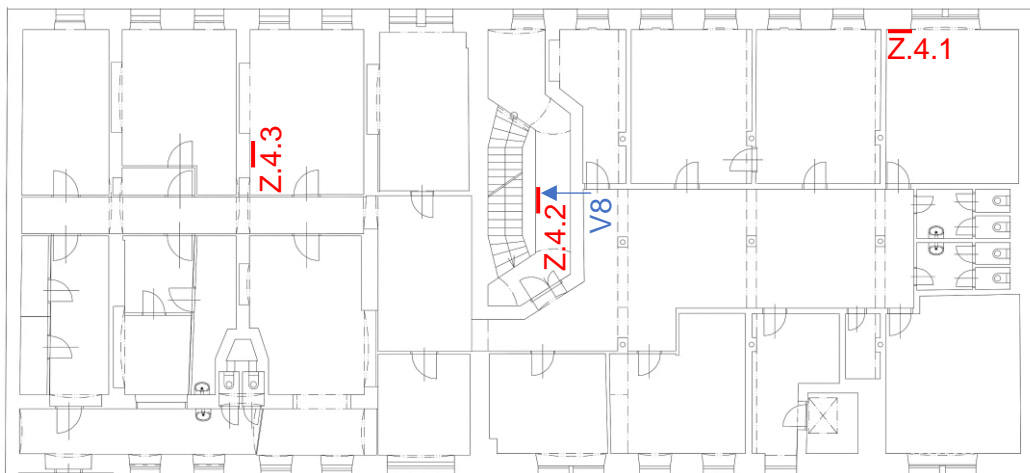
$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4} = 2,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,0$$

Návrhovou pevnost poté stanovíme jako:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{1,51}{2,0} = 0,76 \text{ MPa}$$

3.5.6 Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 4NP

V 4NP byly provedeny nedestruktivní zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB na celkem 3 zkušebních místech, na každém místě bylo zkoušeno 6 cihel s 10 zkušebními odrazy. Dále byl odebrán vývrt o průměru 50 mm (rozmístění viz obrázek 31). Byly provedeny také semidestruktivní zkoušky upravenou ruční vrtačkou, a to celkem na 6 místech.



obrázek 31, rozmístění zkušebních míst a vývrtu v 4NP

a) Stanovení pevnosti zdících prvků v tlaku (4NP)

Pevnost v tlaku cihel byla zkoušena nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Abychom získali rozsáhlý soubor výsledků pevností v tlaku, bylo ve 4NP zkoušeno celkem 18 cihel. Byla stanovena průměrná pevnost zdících prvků (včetně zohlednění dolní hranice konfidenčního intervalu pro průměr) a také normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků dle [10]. Hodnota normalizované pevnosti v tlaku f_b byla stanovena na 9,01 MPa (Tabulka 12).

Tabulka 12, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (4NP).

ozn. Vzorku	$f_{be,u}$ [MPa]										$f'_{be,u}$ [MPa]	meze $\pm 20\%$		$f_{be,u}$ [MPa]	α	$f_{be,u}$ [MPa]	
Z.4.1 .1	14	10	10	10	13	10	12	14	12	10	11,3	9,0	13,5	10,7	0,68	7,3	
Z.4.1 .2	14	14	15	17	18	14	12	12	14	17	14,3	11,5	17,2	14,0		9,5	
Z.4.1 .3	18	19	19	14	19	18	18	18	21	19	18,4	14,7	22,0	18,9		12,8	
Z.4.1 .4	16	14	16	16	23	23	18	19	19	16	17,9	14,3	21,5	17,0		11,5	
Z.4.1 .5	21	21	19	18	14	19	21	19	23	21	19,8	15,8	23,8	20,5		13,9	
Z.4.1 .6	14	12	14	14	12	16	14	16	12	12	13,3	10,6	16,0	13,3		9,0	
Z.4.2 .1	19	19	19	18	19	18	19	19	18	19	18,8	15,1	22,6	18,8		12,8	
Z.4.2 .2	18	19	19	18	19	14	19	18	18	18	17,9	14,3	21,5	18,3		12,5	
Z.4.2 .3	21	19	19	14	16	18	18	18	18	16	17,6	14,1	21,1	17,6		12,0	
Z.4.2 .4	12	18	16	12	16	14	18	16	16	13	14,7	11,8	17,7	15,5		10,5	
Z.4.2 .5	16	16	12	16	10	12	12	14	14	14	13,3	10,6	16,0	13,7		9,3	
Z.4.2 .6	16	12	10	16	14	16	12	10	14	12	12,9	10,3	15,5	/		/	
Z.4.3 .1	37	33	35	37	33	35	33	39	31	33	34,3	27,5	41,2	34,3		23,3	
Z.4.3 .2	17	19	21	25	27	19	19	21	19	19	20,8	16,7	25,0	20,0		13,6	
Z.4.3 .3	19	25	27	19	21	29	25	19	23	21	23,0	18,4	27,7	22,4		15,2	
Z.4.3 .4	16	14	14	14	21	18	18	16	19	18	16,5	13,2	19,9	16,0		10,9	
Z.4.3 .5	21	29	25	26	25	25	25	23	21	23	24,5	19,6	29,4	24,5		16,6	
Z.4.3 .6	35	31	35	33	33	33	31	33	33	35	33,0	26,4	39,6	33,0		22,4	
průměr: $f'_{be,u}$																13,1	
počet platných měření: n																17	
výběrová směrodatná odchylka: s_r																4,36	
hodnota součinitele t_n																0,33	
zaručený průměr: $f_{b,u}=f'_{be,u} - t_n \times s_r$																11,70	
součinitel vlivu šířky a výšky zdícího prvku: δ																0,77	
normalizovaná pevnost: $f_b=f_{b,u} \times \delta$																9,01	

Na základě výsledků nedestruktivních zkoušek zdících prvků upřesněných pomocí zkoušek pevnosti v tlaku na reprezentativních částech zdících prvků lze zdícím prvkům přiřadit pevnostní značku 10 (MPa) dle [18].

b) Stanovení pevnosti malty v tlaku (4NP)

Pevnost malty v tlaku byla stanovena pomocí semidestruktivní metody – upravené ruční vrtačky TZÚS (kapitola 2.2.2). Hodnota f_m byla stanovena na 0,54 MPa.

Tabulka 13, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (4NP).

zkušební místo	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	d _m [mm]	meze		f _{m,i} [MPa]
					d _{min}	d _{max}	
M1	34	33	37	35	24,5	45,5	0,73
M2	28	32	45	35	24,5	45,5	0,73
M3	34	33	37	35	24,5	45,5	0,73
M4	28	32	45	35	24,5	45,5	0,73
M5	61	51	48	53	37,1	68,9	0,38
M6	42	45	47	45	31,5	58,5	0,50
průměr: m _x							0,64
počet platných měření: n							6
výběrová směrodatná odchylka: s _x							0,16
hodnota součinitele t _n							0,627
pevnost f _m =m _x - s _x x t _n							0,54

c) Stanovení charakteristické pevnosti zdiva (4NP)

charakteristická pevnost zdiva v tlaku byla stanovena dle [4] a to jako:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 0,44 \times 9,01^{0,7} \times 0,54^{0,3} = 1,70 \text{ MPa}$$

d) Stanovení návrhové pevnosti zdiva (4NP)

Při stanovení návrhové pevnosti zdiva byly zohledněny další vlivy dle [4] a to:

- $\gamma_{m1} = 2,0$ – jedná se o základní dílčí součinitel spolehlivosti.
- $\gamma_{m2} = 1,0$ – vazba zdiva zde byla v pořádku, místy horší vyplnění spár maltou.
- $\gamma_{m3} = 1,0$ – vlhkost zdiva zde byla do 4%.
- $\gamma_{m4} = 1,0$ – zdivo bylo zcela bez trhlin.

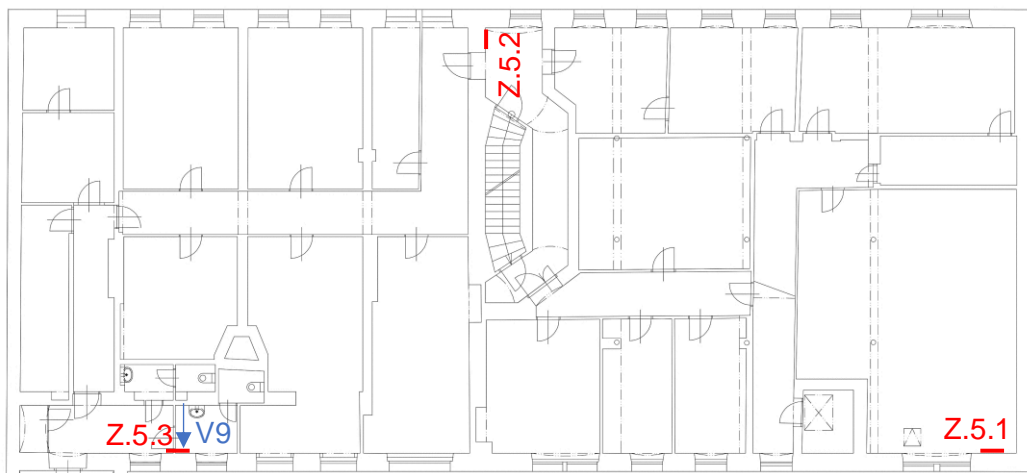
$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4} = 2,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,0$$

Návrhovou pevnost poté stanovíme jako:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{1,70}{2,0} = 0,85 \text{ MPa}$$

3.5.7 Vyhodnocení pevnosti cihelného zdiva – 5NP

V 5NP byly provedeny nedestruktivní zkoušky tvrdoměrem Schmidt LB na celkem 3 zkušebních místech, na každém místě bylo zkoušeno 6 cihel s 10 zkušebními odrazy. Dále byl odebrán vývrt o průměru 50 mm (rozmístění viz obrázek 32). Byly provedeny také semidestruktivní zkoušky upravenou ruční vrtačkou, a to celkem na 6 místech.



obrázek 32, rozmístění zkušebních míst a vývrtu v 5NP.

a) Stanovení pevnosti zdících prvků v tlaku (5NP)

Pevnost v tlaku cihel byla zkoušena nedestruktivně pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Abychom získali rozsáhlý soubor výsledků pevností v tlaku, bylo v 5NP zkoušeno celkem 18 cihel. Byla stanovena průměrná pevnost zdících prvků (včetně zohlednění dolní hranice konfidenčního intervalu pro průměr) a také normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků dle [10]. Hodnota normalizované pevnosti v tlaku f_b byla stanovena na 9,37 MPa (Tabulka 14).

Tabulka 14, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (5NP).

ozn. Vzorku	f _{be,u} [MPa]										f' _{be,u} [MPa]	meze ±20%		f _{be,u} [MPa]	α	f _{be,u} [MPa]
Z.5.1 .1	25	19	21	19	27	27	22	23	21	19	22,6	18,1	27,1	22,6	0,68	15,3
Z.5.1 .2	25	27	29	23	25	23	23	25	27	23	25,1	20,1	30,2	25,1		17,1
Z.5.1 .3	21	19	19	18	19	18	19	19	18	19	19,0	15,2	22,8	19,0		12,9
Z.5.1 .4	12	18	14	12	12	12	14	12	12	14	12,9	10,3	15,5	12,4		8,4
Z.5.1 .5	25	19	23	19	21	23	19	19	23	19	21,3	17,1	25,6	21,3		14,5
Z.5.1 .6	18	19	18	19	19	16	18	21	19	16	18,3	14,6	21,9	18,3		12,4
Z.5.2 .1	25	21	19	19	29	25	21	27	22	25	23,5	18,8	28,2	22,9		15,6
Z.5.2 .2	19	21	19	18	21	23	21	18	19	16	19,6	15,7	23,5	20,0		13,6
Z.5.2 .3	19	18	21	16	21	23	18	16	21	18	19,0	15,2	22,8	18,6		12,6
Z.5.2 .4	14	19	12	19	12	18	21	21	19	18	17,3	13,8	20,8	/		/
Z.5.2 .5	10	12	10	12	8	10	12	8	8	12	10,0	8,0	12,1	10,9		7,4
Z.5.2 .6	16	16	18	19	19	18	18	16	19	18	17,5	14,0	21,0	17,5		11,9
Z.5.3 .1	12	14	16	14	12	10	18	12	16	12	13,3	10,6	16,0	13,2		9,0
Z.5.3 .2	18	21	19	16	25	21	19	19	18	21	19,8	15,8	23,8	19,7		13,4
Z.5.3 .3	19	21	21	19	23	21	21	21	19	23	21,1	16,9	25,4	21,1		14,4
Z.5.3 .4	21	19	21	23	21	19	19	25	19	21	21,1	16,9	25,4	21,1		14,4
Z.5.3 .5	19	21	21	21	19	18	19	19	21	21	20,2	16,1	24,2	20,2		13,7
Z.5.3 .6	19	19	19	19	25	27	23	25	21	21	22,1	17,7	26,5	21,5		14,6
průměr: f' _{be,u}																13,0
počet platných měření: n																17
výběrová směrodatná odchylka: s _r																2,60
hodnota součinitele t _n																0,33
zaručený průměr: f _{b,u} =f' _{be,u} - t _n x s _r																12,16
součinitel vlivu šířky a výšky zdíciho prvku: δ																0,77
normalizovaná pevnost: f _b =f _{b,u} x δ																9,37

Na základě výsledků nedestruktivních zkoušek zdíciých prvků upřesněných pomocí zkoušek pevnosti v tlaku na reprezentativních částech zdíciých prvků lze zdíciím prvkům přiřadit pevnostní značku 10 (MPa) dle [18].

b) Stanovení pevnosti malty v tlaku (5NP)

Pevnost malty v tlaku byla stanovena pomocí semidestruktivní metody – upravené ruční vrtačky TZÚS (kapitola 2.2.2). Hodnota f_m byla stanovena na 0,62 MPa

Tabulka 15, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (5NP).

zkušební místo	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d ₃ [mm]	d _m [mm]	meze		f _{m,i} [MPa]
					d _{min}	d _{max}	
M1	35	35	44	38	26,6	49,4	0,65
M2	36	40	42	39	27,3	50,7	0,62
M3	29	40	50	40	28	52	0,60
M4	36	44	38	39	27,3	50,7	0,62
M5	31	22	33	29	20,3	37,7	0,98
M6	30	25	33	29	20,3	37,7	0,98
průměr: m_x							0,74
počet platných měření: n							6
výběrová směrodatná odchylka: s_x							0,19
hodnota součinitele t_n							0,627
pevnost f_m=m_x - s_x x t_n							0,62

c) Stanovení charakteristické pevnosti zdiva (5NP)

charakteristická pevnost zdiva v tlaku byla stanovena dle [4] a to jako:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta = 0,44 \times 9,37^{0,7} \times 0,62^{0,3} = 1,83 \text{ MPa}$$

d) Stanovení návrhové pevnosti zdiva (5NP)

Při stanovení návrhové pevnosti zdiva byly zohledněny další vlivy dle [4] a to:

- **γ_{m1} = 2,0** – jedná se o základní dílčí součinitel spolehlivosti.
- **γ_{m2} = 1,0** – vazba zdiva zde byla v pořádku, spáry zde byly tenčí a místy bylo horší vyplnění spár maltou.
- **γ_{m3} = 1,0** – vlhkost zdiva zde byla do 4%.
- **γ_{m4} = 1,0** – zdivo bylo zcela bez trhlin.

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4} = 2,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,0$$

Návrhovou pevnost poté stanovíme jako:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{1,83}{2,0} = 0,91 \text{ MPa}$$

3.5.8 Vyhodnocení zkoušek provedených na odebraných cihlách

Z konstrukce bylo také pro informativní porovnání odebráno 6 cihel, na kterých byla zjištěna pevnost v tahu za ohybu (vztah 1.8) a následně pevnost v tlaku (kapitola 2.4.3). Cihly byly důkladně očištěny a každý jejich rozměr byl dvakrát změřen, poté byl z těchto hodnot stanoven průměr. Cihly byly dále zváženy a byla stanovena jejich objemová hmotnost.



obrázek 33, odebraná cihla.



obrázek 34, zkouška trojbodovým ohybem-stanovení pevnosti v tahu za ohybu.

Tabulka 16, rozměry a hmotnost cihel, maximální síla v tahu za ohybu a tlaku.

označení prvku	délka [mm]	šířka [mm]	výška [mm]	hmotnost [g]	síla v tahu za ohybu [kN]	síla v tlaku [kN]
C1	292	146	72	4990,4	6,80	146,3
	294	145	70			434,1
C2	297	148	64	4627,7	4,95	335,6
	302	152	65			339,8
C3	298	149	64	4796,9	5,2	453,7
	297	152	61			528,0
C4	300	150	62	4818,7	5,77	254,1
	302	149	61			303,8
C5	297	146	61	4532,7	5,67	155,3
	295	149	59			326,2
C6	301	150	69	5238,2	7,42	476,3
	302	151	68			322,1

Tabulka 17, vyhodnocení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku cihel.

ozn. prvku	délka [mm]	šířka [mm]	výška [mm]	síla v tahu za ohybu [kN]	síla v tlaku [kN]	objemová hmotnost [kg/m ³]	σ_{po} [MPa]	$f_{b,u}$ [MPa]	δ [-]	f_b [MPa]
C1	293	146	71	6,80	580,4	1649	3,3	13,6	0,79	10,8
C2	300	150	65	4,95	769,7	1597	2,9	17,1	0,75	12,8
C3	298	151	63	5,20	675,4	1714	3,2	15,1	0,74	11,2
C4	301	150	62	5,77	793,5	1741	3,7	17,6	0,74	13,0
C5	296	148	60	5,67	981,7	1730	3,8	22,5	0,74	16,6
C6	302	151	69	7,42	782,1	1685	3,8	17,2	0,77	13,2

Normalizovaná pevnost v tlaku cihel zjištěná na vzorcích odebraných z konstrukce vychází průměrně o 1,3 MPa větší než pevnost v tlaku stanovená nedestruktivně pomocí Schmidtova kladívka LB upřesněná součinitelem α (Tabulka 17).

3.5.9 Zhodnocení výsledků zkoušek cihelného zdiva

Cihlář byla na základě hodnot, stanovených pomocí nedestruktivní metody tvrdoměrem Schmidt LB přiřazena pevnostní značka 10 (MPa). Normalizovaná pevnost zdících prvků f_b byla pro jednotlivá podlaží stanovena v rozmezí od 8,88 (suterén) do 10,46 (2NP) MPa. Pevnost v tlaku malty byla určena v rozmezí od 0,37 (3NP) do 0,62 (2NP a 5NP) MPa. Z hodnot pevností v tlaku f_b a f_m byla stanovena nejprve charakteristická pevnost zdiva f_k a následně návrhová pevnost zdiva f_d . Návrhová pevnost zdiva vycházela po jednotlivých podlažích velmi podobně, a to v rozmezí od 0,76 do 0,99 MPa. Nejmenší hodnota návrhové pevnosti zdiva byla stanovena pro suterén a 3NP. V suterénu byla hodnota f_d nižší z důvodů zvýšené vlhkosti, která se v suterénu pohybovala kolem 10 % a ve 3NP byla způsobená horší kvalitou malty. Naopak největší hodnota návrhové pevnosti zdiva byla stanovena ve 2NP, kde byla vazba zdiva i vyplnění spár maltou zcela v pořádku a vlhkost zde byla také nižší (do 4 %). Veškeré hodnoty jednotlivých pevností v tlaku jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18, shrnutí výsledků jednotlivých pevností cihelného zdiva.

[MPa]	suterén	1NP	2NP	3NP	4NP	5NP
f_m	0,44	0,40	0,62	0,37	0,54	0,62
f_b	8,88	9,26	10,46	8,92	9,01	9,37
f_k	1,58	1,58	1,97	1,51	1,70	1,83
f_d	0,76	0,79	0,99	0,76	0,85	0,91

Z konstrukce bylo pro informativní porovnání odebráno celkem 6 cihel. Na těchto vzorcích byla zjištěna pevnost v tahu za ohybu, která se pohybovala v rozmezí 3,3 až 3,8 MPa. Na vzniklých půlkách cihel byla stanovena normalizovaná pevnost v tlaku f_b , která se pohybovala v rozmezí od 10,8 (vzorek C1) do 16,6 (vzorek C5) MPa. Tato pevnost je tedy průměrně o 1,3 MPa větší než pevnost v tlaku stanovena nedestruktivně.

3.6 Zkoušky litinových sloupů a jejich vyhodnocení

U litinových sloupů byla zjištěná tvrdost podle Brinella pomocí Poldi kladívka (podle 2.5.3), a to celkem na pěti místech na sloupu. Z těchto hodnot byla stanovena

průměrná hodnota tvrdosti pro daný sloup. Tvrdost byla následně podle norem [19], [20] a [21] převedena na minimální pevnost v tahu R_m .

U litinových sloupů byly také změřeny základní rozměry a byla určena tloušťka stěn sloupu pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip od firmy proceq (podle 2.5.4). Tloušťka stěn byla měřena ve třech úrovních (v patě, ve středu a v hlavě sloupu). Na každé úrovni byla tloušťka měřena celkem čtyřikrát a následně byl z těchto hodnot stanoven průměr.



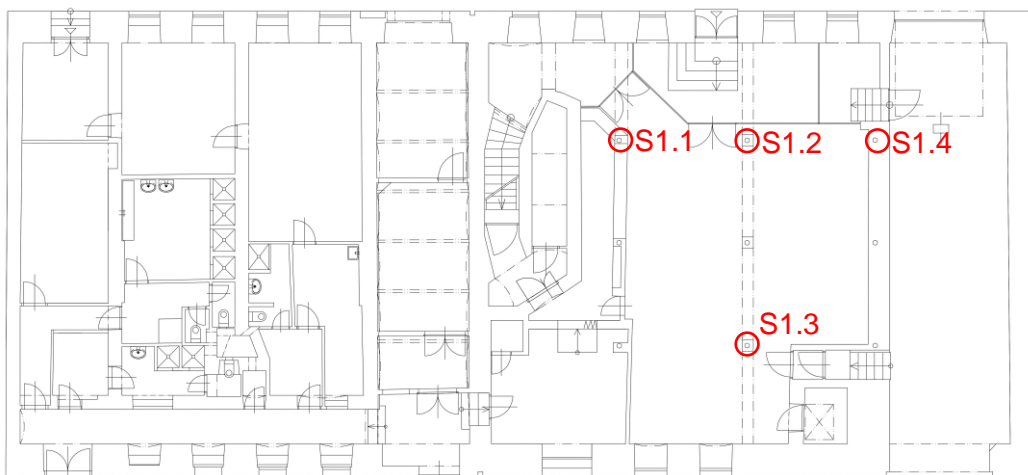
obrázek 35, zjištění tvrdosti podle Brinella - Poldi kladívkem.



obrázek 36, ultrazvukový tloušťkoměr – Zonotip [22].

3.6.1 Vyhodnocení litinových sloupů – 1NP

V 1NP byla pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip stanovena tloušťka stěn na čtyřech sloupech (rozmístění viz obrázek 37). Tvrdost byla zjištěná také na čtyřech sloupech. Tvrdost podle Brinella byla následně převedena dle norem [19], [20] a [21] na minimální pevnost v tahu R_m .



obrázek 37, označení zkoušených sloupů v 1NP.

a) Určení pevnosti v tahu R_m (1NP)

Tabulka 19, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m v (1NP).

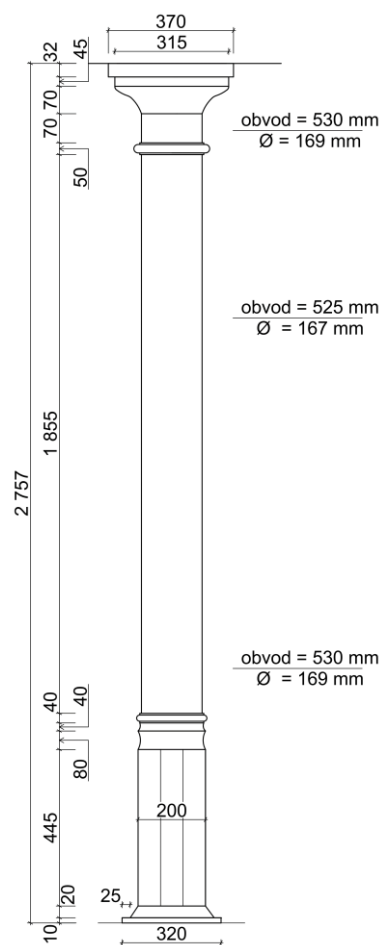
ozn. sloupu	průměrná tvrdost [HB]	nejmenší pevnost v tahu R_m [MPa]			
		ČSN 422420	ČSN 422425	ČSN 422430	pro tloušťku stěny [mm]
S.1.1	218	200	250	300	15-30
S.1.2	179	165	220	/	30-45
S.1.3	176	165	220	/	30-45
S.1.4	243	/	/	300	15-30

Hodnoty nejmenší pevnosti v tahu R_m se v některých případech dle norem [19], [20] a [21] liší, a proto budou uvažovány hodnoty nejmenší. Hodnota R_m pro sloup S.1.1 byla stanovena na 200 MPa, pro sloup S.1.2 a S.1.3 na 165 MPa a pro sloup S.1.4 na 300 MPa.

b) Geometrie sloupů (1NP)

Tabulka 20, průměrné hodnoty tloušťek stěn litinových sloupů v (1NP).

[mm]	S.1.1	S.1.2	S.1.3	S.1.4
pata	36	43	42	28
střed	23	28	26	18
hlava	23	27	26	17

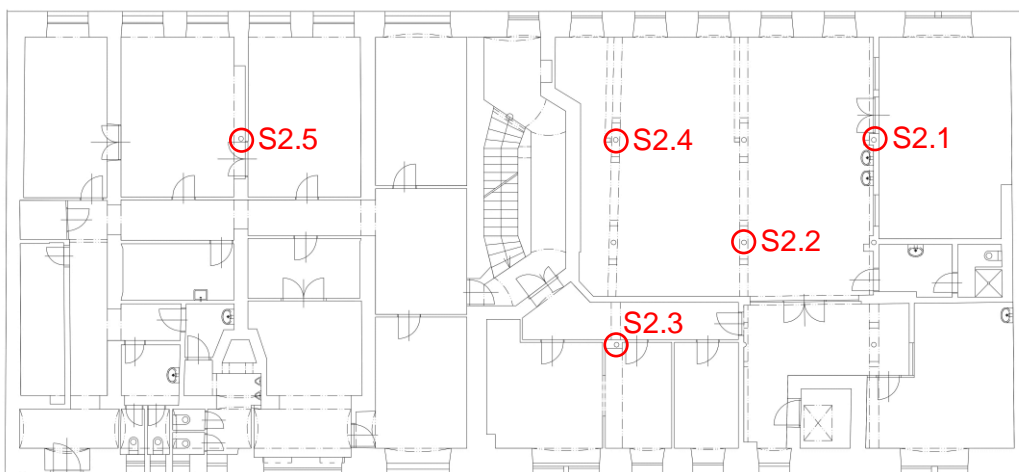


obrázek 38, schéma sloupu 1NP.

obrázek 39, litinový sloup 1NP.

3.6.2 Vyhodnocení litinových sloupů – 2NP

Ve 2NP byla pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip stanovena tloušťka stěn na pěti sloupech (rozmístění viz obrázek 40). Tvrdost byla zjištěná na čtyřech sloupech (S.2.1, S.2.2, S.2.3 a S.2.5). Tvrdost podle Brinella byla následně převedena dle norem [19], [20] a [21] na minimální pevnost v tahu R_m .



obrázek 40, označení zkoušených sloupů v 2NP.

a) Určení pevnosti v tahu R_m (2NP)

Tabulka 21, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m ve (2NP).

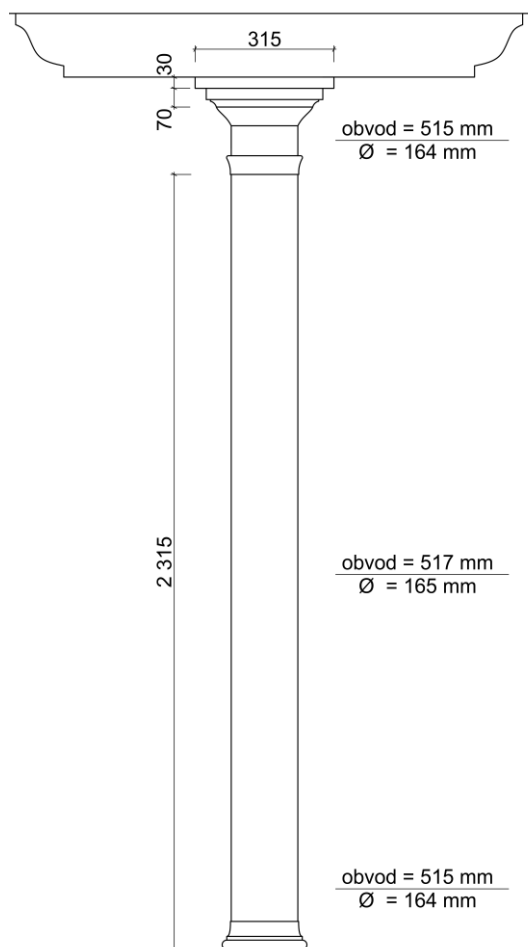
ozn. sloupu	průměrná tvrdost [HB]	nejmenší pevnost v tahu R_m [MPa]			
		ČSN 422420	ČSN 422425	ČSN 422430	pro tloušťku stěny [mm]
S.2.1	254	/	/	300	15-30
S.2.2	210	200	250	300	15-30
S.2.3	246	/	/	300	15-30
S.2.5	190	230	/	/	8-15

Hodnoty nejmenší pevnosti v tahu R_m se v některých případech dle norem [19], [20] a [21] liší, a proto budou uvažovány hodnoty nejmenší. Hodnota R_m pro sloup S.2.1 a S.2.3 byla stanovena na 300 MPa, pro sloup S.2.2 na 200 MPa a pro sloup S.2.5 na 230 MPa.

b) Geometrie sloupů (2NP)

Tabulka 22, průměrné hodnoty tloušťek stěn litinových sloupů ve (2NP).

[mm]	S.2.1	S.2.2	S.2.3	S.2.4	S.2.5
pata	24	24	25	18	16
střed	25	25	25	18	14
hlava	23	25	24	19	13



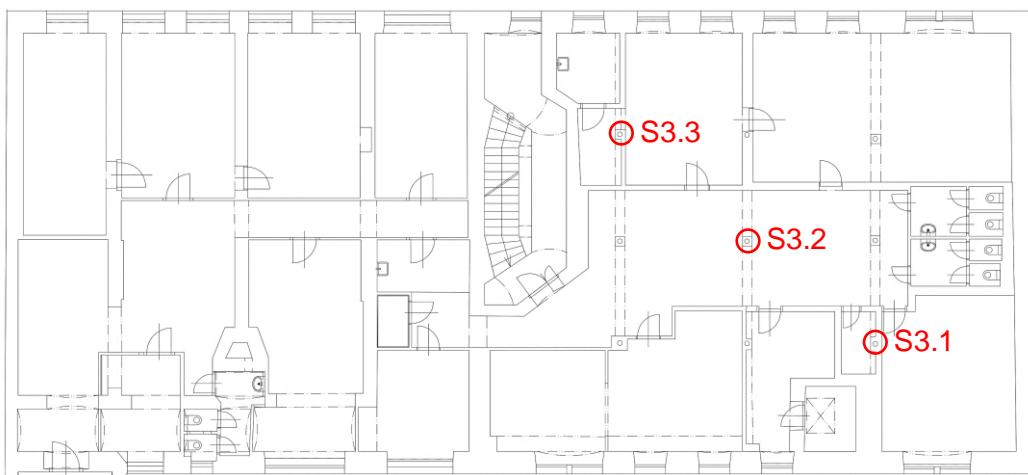
obrázek 41, schéma sloupu 2NP.



obrázek 42, litinový sloup 2NP.

3.6.3 Vyhodnocení litinových sloupů – 3NP

Ve 3NP byla pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip stanovena tloušťka stěn na třech sloupech (rozmístění viz obrázek 43). Tvrdost byla zjištěná také na třech sloupech. Tvrdost podle Brinella byla následně převedena dle norem [19], [20] a [21] na minimální pevnost v tahu R_m .



obrázek 43, označení zkoušených sloupů v 3NP.

a) Určení pevnosti v tahu R_m (3NP)

Tabulka 23, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m (3NP).

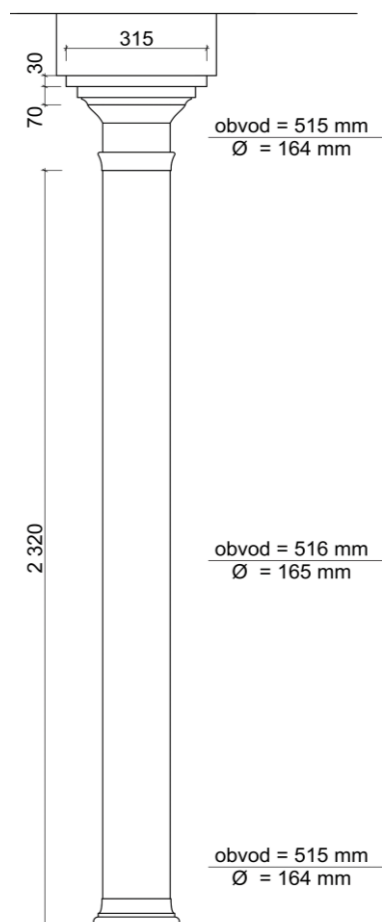
ozn. sloupu	průměrná tvrdost [HB]	nejmenší pevnost v tahu R_m [MPa]			
		ČSN 422420	ČSN 422425	ČSN 422430	pro tloušťku stěny [mm]
S.3.1	254	/	/	300	15-30
S.3.2	215	200	250	300	15-30
S.3.3	230	/	250	300	15-30

Hodnoty nejmenší pevnosti v tahu R_m se v některých případech dle norem [19], [20] a [21] liší, a proto budou uvažovány hodnoty nejmenší. Hodnota R_m pro sloup S.3.1 byla stanovena na 300 MPa, pro sloup S.3.2 na 200 MPa a pro sloup S.3.3 na 250 MPa.

b) Geometrie sloupů (3NP)

Tabulka 24, průměrné hodnoty tlouštěk stěn litinových sloupů ve (3NP).

[mm]	S.3.1	S.3.2	S.3.3
pata	23	23	25
střed	26	25	27
hlava	23	23	25



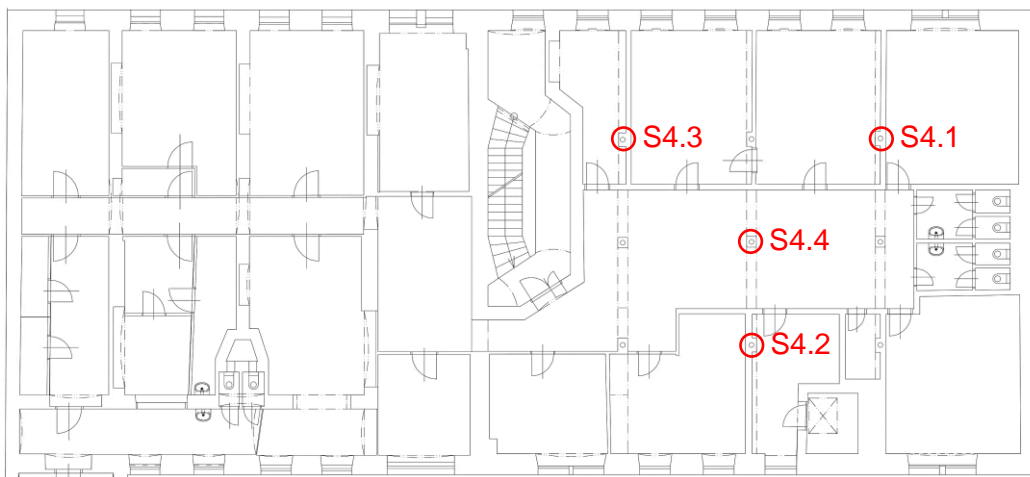
obrázek 44, schéma sloupu
3NP.



obrázek 45, litinový sloup 3NP.

3.6.4 Vyhodnocení litinových sloupů – 4NP

Ve 4NP byla pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip stanovena tloušťka stěn na čtyřech sloupech (rozmístění viz obrázek 46). Tvrdost byla zjištěná na třech sloupech (S.4.1, S.4.2 a S.4.3). Tvrdost podle Brinella byla následně převedena dle norem [19], [20] a [21] na minimální pevnost v tahu R_m .



obrázek 46, označení zkoušených sloupů v 4NP.

a) Určení pevnosti v tahu R_m (4NP)

Tabulka 25, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m (4NP).

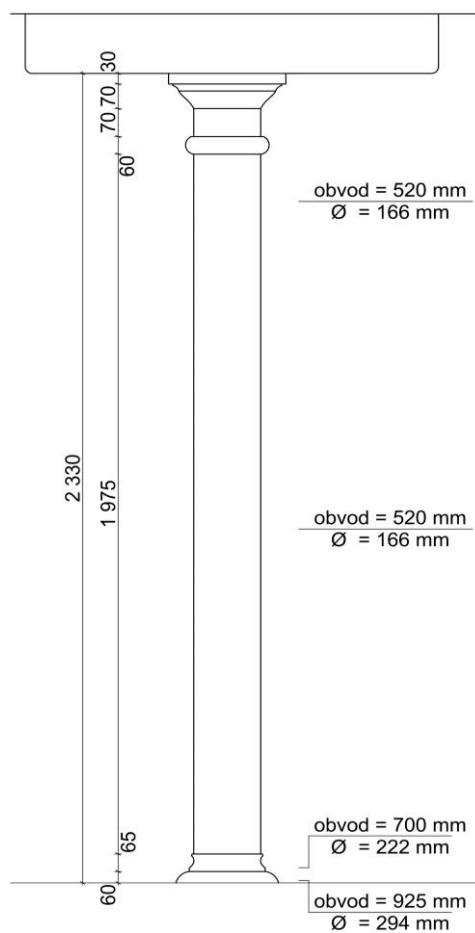
ozn. sloupu	průměrná tvrdost [HB]	nejmenší pevnost v tahu R_m [MPa]			
		ČSN 422420	ČSN 422425	ČSN 422430	pro tloušťku stěny [mm]
S.4.1	194	200	250	300	15-30
S.4.2	193	200	250	300	15-30
S.4.3	231	/	250	300	15-30

Hodnoty nejmenší pevnosti v tahu R_m se v některých případech dle norem [19], [20] a [21] liší, a proto budou uvažovány hodnoty nejmenší. Hodnota R_m pro sloup S.4.1 a S.4.2 byla stanovena na 200 MPa a pro sloup S.4.3 na 250 MPa.

b) Geometrie sloupů (4NP)

Tabulka 26, průměrné hodnoty tlouštěk stěn litinových sloupů ve (4NP).

[mm]	S.4.1	S.4.2	S.4.3	S.4.4
pata	29	28	27	19
střed	28	28	26	19
hlava	27	30	25	21



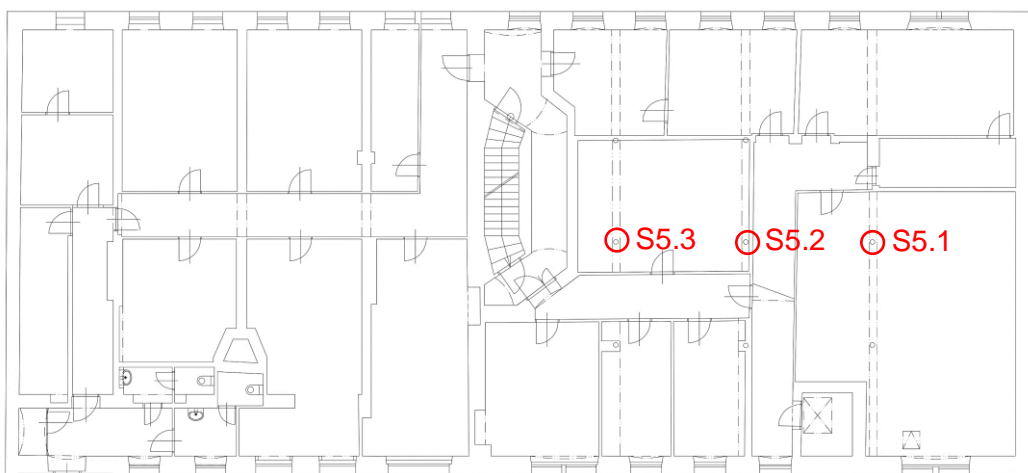
obrázek 47, schéma sloupu 4NP.



obrázek 48, litinový sloup 4NP.

3.6.5 Vyhodnocení litinových sloupů – 5NP

V 5NP byla pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip stanovena tloušťka stěn na třech sloupech (rozmístění viz obrázek 49). Tvrdost byla zjištěná také na třech sloupech. Tvrdost podle Brinella byla následně převedena dle norem [19], [20] a [21] na minimální pevnost v tahu R_m .



obrázek 49, označení zkoušených sloupů v 5NP.

a) Určení pevnosti v tahu R_m (5NP)

Tabulka 27, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m (5NP).

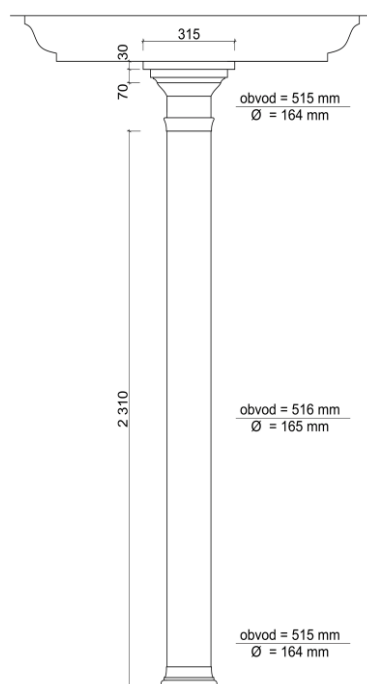
ozn. sloupu	průměrná tvrdost [HB]	nejmenší pevnost v tahu R_m [MPa]			
		ČSN 422420	ČSN 422425	ČSN 422430	pro tloušťku stěny [mm]
S.5.1	229	/	250	300	15-30
S.5.2	231	/	250	300	15-30
S.5.3	213	200	250	300	15-30

Hodnoty nejmenší pevnosti v tahu R_m se v některých případech dle norem [19], [20] a [21] liší, a proto budou uvažovány hodnoty nejmenší. Hodnota R_m pro sloup S.5.1 a S.5.2 byla stanovena na 250 MPa a pro sloup S.5.3 na 200 MPa.

b) Geometrie sloupů (5NP)

Tabulka 28, průměrné hodnoty tlouštěk stěn litinových sloupů v (5NP).

[mm]	S.5.1	S.5.2	S.5.3
pata	27	26	20
střed	27	26	22
hlava	26	27	20



obrázek 50, schéma sloupu 5NP.



obrázek 51, litinový sloup v 5NP

3.6.6 Zhodnocení výsledků zkoušek litinových sloupů

U litinových sloupů byla zjištěna tvrdost podle Brinella metodou Poldi kladívka na celkem 4 sloupech (v 1NP a 2NP) a na třech sloupech (ve 3NP, 4NP a 5NP). Tvrdost byla následně převedena na pevnost v tahu, která vycházela v rozmezí od 165 do 300 MPa. V [4] je informativní návrhová pevnost pro sloupy v tlaku a v tlaku za ohybu stanovena na 100 MPa a pevnost v tahu a v tahu za ohybu na 45 MPa. Tyto hodnoty se již nedělí dílčími součiniteli γ_m .

U sloupů byla dále stanovena tloušťka stěn pomocí ultrazvukového tloušťkoměru Zonotip od firmy proceq (shrnutí v tabulce 29) a byly změřeny jejich základní rozměry. Největší tloušťka stěn byla naměřena na sloupu S.1.2 a nejmenší na sloupu S.2.5. Litinové sloupy se svou tloušťkou, pevností v tahu i tvarem výrazně liší, a to i ve stejných podlažích. Proto nelze měření zobecnit i na sloupy, na kterých měření neproběhlo.

Tabulka 29, shrnutí tlouštěk stěn litinových sloupů.

zkoušená úroveň	průměrná tloušťka stěny	minimální tloušťka stěny		maximální tloušťka stěny	
	[mm]	[mm]	sloup	[mm]	sloup
pata	27	16	S.2.5	43	S.1.2
střed	24	14	S.2.5	28	S.1.2
hlava	23	13	S.2.5	30	S.4.2

4. Závěr

Cílem této práce bylo provedení stavebně technického průzkumu zděného objektu s litinovými sloupy v Brně. Účelem průzkumu bylo posoudit konstrukci z důvodů plánované modernizace a přestavby objektu na bytový dům s občanskou vybaveností. Byly určeny vlastnosti cihelného zdiva a litinových sloupů. Pro určení pevnosti v tlaku zdících prvků byl použit Schmidt LB, hodnoty byly upřesněny pomocí zkoušek na vývrtech. Pevnost v tlaku malty byla stanovena pomocí upravené ruční vrtačky TZÚS. U litinových sloupů byla stanovena tvrdost podle Brinella pomocí Poldi kladívka a byla změřena tloušťka jejich stěn pomocí ultrazvukového tloušťkoměru.

Normalizovaná pevnost zdících prvků f_b byla pro jednotlivá podlaží stanovena v rozmezí od 8,88 (suterén) do 10,46 (2NP) MPa. Pevnost malty v tlaku f_m byla určena v rozmezí od 0,37 (3NP) do 0,62 (2NP a 5NP) MPa.

Z hodnot pevnosti v tlaku zdících prvků a pevnosti v tlaku malty byla vypočtená charakteristická pevnost zdiva a následně návrhová pevnost zdiva. Návrhová pevnost zdiva f_d se pohyboval v rozmezí od 0,76 (suterén a 3NP) do 0,99 (2NP) MPa.

U litinových sloupů byla pevnost v tahu stanovena od 165 do 300 MPa. Litinové sloupy se svou tloušťkou, pevností v tahu i tvarem výrazně liší, a to i ve stejných podlažích. Z toho důvodu nemůžeme měření zobecnit i na sloupy, na kterých měření neproběhlo. Před zahájením samotné přestavby bude nutné provést měření i na ostatních sloupech. V ideální případě na všech sloupech, minimálně však na sloupech, které jsou staticky významné, respektive na sloupech, které budou po modernizaci a přestavbě více zatíženy.

Seznam použitých zdrojů

- [1] PUME, Dimitrij a František ČERMÁK. *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*. Vyd. 1. Praha: Arch, 1993. Stavby a rekonstrukce.
- [2] ROSTISLAV, Jeneš a Božena PODROUŽKOVÁ. *Zděné konstrukce: základy navrhování [skripta]*. Brno: VUT v Brně, fakulta stavební, 2005.
- [3] *CIHLÁŘSKÝ LEXIKON* [online]. 2. vydání. Cihlářský svaz Čech a Moravy, 2007 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.cihelnapolom.cz/upload/lexikonkpl.pdf>
- [4] ČSN 730038 *Hodnocení a ověřování konstrukcí - doplňující ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [5] ČSN EN 1015-11 (722400) *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [6] HOBST, Leonard, Jiří ADÁMEK, Petr CIKRLÉ a Pavel SCHMID. *Diagnostika stavebních konstrukcí: přednášky*. Brno, studijní opora VUT, 2005 [cit. 2018 03-28].
- [7] HORKÝ, Bohumil a Jiří DOHNÁLEK. Zjišťování jakosti malty cihelného zdiva. *Pozemní stavby*. 1986, (12), 534-535.
- [8] MIKULA, Jaroslav. Přístroj pro zkoušky pevnosti složek zdiva. *Stavitel*. b.r., , 40.
- [9] *Metodika pro zjišťování pevnosti zdících prvků a malty ve stávající konstrukci*. 1. technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., 2001.
- [10] ČSN EN 772-1+A1 (722635) *Zkušební metody pro zdící prvky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [11] ČSN 73 1373 (731373) *Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [12] HEŘMÁNKOVÁ, Věra. *Stavební látky: cvičebnice k předmětu Ai01*. 3. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, 2010. ISBN 978-80-214-4047-0.
- [13] ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie litin*. Vyd. 1. Brno: PC-DIR, 1998. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1263-1.

- [14] *Požární odolnost stavebních konstrukcí z oceli a litiny*
[online].[cit. 2018 04 22]. Dostupné z:
https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/materialy/pozarni-odolnost-stavebnich-konstrukci-z-nbsp-oceli-litiny-a-nbsp-hlinikovych-slitin_101449.html
- [15] SCHMID, Pavel. *Základy zkušebnictví*. Brno: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1816-8.
- [16] *Poldi kladívko* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z:
https://www.google.cz/search?q=poldi+klad%C3%ADvko&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwibo5b3zp7bAhWDVSwKHdjxCFMQ_AUICigB&biw=1745&bih=841#imgsrc=cX-LpQ39Py7JCM:
- [17] Zonotip - Operating Instructions. In: *Www.proceq.com* [online]. [cit. 2018 05 16]. Dostupné z:
https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Zonotip_Operating%20Instructions_English_high.pdf
- [18] ČSN EN 771-1+A1 (72 2634) *Specifikace zděicích prvků*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [19] ČSN 42 2425 *litina s lupínkovým grafitem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1990.
- [20] ČSN 42 2420 *litina s lupínkovým grafitem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1990.
- [21] ČSN 42 2430 *litina s lupínkovým grafitem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1989.
- [22] Ultrazvukový tloušťkoměr - Zonotip. In: *Www.proceq.com* [online]. [cit. 2018 05-16]. Dostupné z:
https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Zonotip%20Picture%20Application%2001.JPG
- [23] *Schmidt OS-120 PM* [online]. Zurich, Switzerland,[cit. 2018-03-31]. Dostupné z:
https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Schmidt%20OS-120%20Application%2001.jpg
- [24] *Zkoušení cihelného zdiva v konstrukci* [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z:
http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/ESF_C4_N%C2%A0vod.pdf

Seznam použitých zkratek

Seznam není kompletní, některé symboly či zkratky byly vysvětleny v teoretické části této práce.

A	plocha
d	hloubka vrtu
d_m	průměrná hloubka vrtu
F	síla
l	osová vzdálenost podpěr
b	šířka vzorku
h	výška vzorku
σ_{po}	pevnost v tahu za ohybu
f_{be,u}	pevnost v tlaku cihel dle kalibračního vztahu
f_{b,u}	průměrná pevnost kusového staviva
f_b	normalizovaná pevnost zdících prvků
f_c	pevnost v tlaku
f_k	charakteristická pevnost zdiva
f_d	návrhová pevnost zdiva
f_m	pevnost v tlaku malty
m_x	průměr
n	počet vzorků
ø	průměr
s_x	směrodatná odchylka
t_n	součinitel odhadu konfidenčního intervalu
α	součinitel upřesnění
δ	součinitel tvaru vyjadřující vliv rozměrů zkušebního vzorku

Seznam použitých obrázků

obrázek 1, a) běhounová vazba, b) vazáková vazba, c) polokřížová vazba d) křížová vazba [1].	- 15 -
obrázek 2, Schmidt OS-120 PM [25].	- 18 -
obrázek 3, Kučerova a PZZ 01 vrtačka pro zkoušení pevnosti malty ve spárách [9].	- 19 -
obrázek 4, umístění vrtu ve spáře zdiva, řez zdívkou [6].	- 20 -
obrázek 5, kalibrační vztahy pro pevnost v tlaku malty ve spáře zdiva z hloubky vrtu zjištěného ruční a elektrickou vrtačkou [9].	- 20 -
obrázek 6, odběr vzorku zdiva o průměru 75 mm jádrovým vývrtem [5].	- 23 -
obrázek 7, zkušební tělesa vyrobená z vývrtu [5].	- 23 -
obrázek 8, zkouška pevnosti v tahu za ohybu cihel o rozměrech 290×140×65 mm.	- 26 -
obrázek 9, tvar grafitu v litinách: a) lupínkový - LLG, b) kuličkový - LKG, c) vermikulární - LVG d) vločkový - TL [14].	- 28 -
obrázek 10, Poldi kladívko 1) úderník, 2) pružina, 3) těleso, 4) nástavec, 5) kulička, 6) porovnávací tyčinka, 7) zkoušený materiál [16].	- 30 -
obrázek 11, určení tloušťky objektu pomocí techniky ultrazvukových impulzů [19].	- 31 -
obrázek 12, pohled na konstrukci objektu v 1NP.	- 32 -
obrázek 13, pohled na konstrukci objektu ve 3NP.	- 32 -
obrázek 14, vypadnutí několika cihel.	- 34 -
obrázek 15, poškození zdiva v místě ostění otvoru.	- 34 -
obrázek 16, trhlinka v cihelném překladu.	- 35 -
obrázek 17, stavební úpravy v cihelném zdivu.	- 35 -
obrázek 18, před provedením tvrdoměrné zkoušky byl povrch cihel obroušen pomocí úhlové brusky.	- 37 -
obrázek 19, místo odběru jádrového vývrtu pro upřesnění tvrdoměrných zkoušek.	- 38 -
obrázek 20, provádění tvrdoměrné zkoušky cihel pomocí Schmidt LB.	- 38 -
obrázek 21, odebraný vzorek cihly.	- 39 -
obrázek 22, jádrový vývrt odebraný z konstrukce.	- 40 -
obrázek 23, zatěžování vývrtu v lisu.	- 40 -

obrázek 24, cihelný pilíř uložený na kamenné patce	- 42 -
obrázek 25, kamenná patka cihelného pilíře	- 42 -
obrázek 26, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v suterénu.	- 43 -
obrázek 27, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v suterénu.	- 43 -
obrázek 28, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v 1NP.	- 46 -
obrázek 29, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v 2NP.	- 49 -
obrázek 30, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v 3NP.	- 52 -
obrázek 31, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v 4NP	- 55 -
obrázek 32, rozmístění zkušebních míst a vývrtů v 5NP.	- 58 -
obrázek 33, odebraná cihla.	- 61 -
obrázek 34, zkouška trojbodovým ohybem-stanovení pevnosti v tahu za ohybu.	- 61 -
obrázek 35, zjištění tvrdosti podle Brinella - Poldi kladívkem.....	- 64 -
obrázek 36, ultrazvukový tloušťkoměr – Zonotip [22].	- 64 -
obrázek 37, označení zkoušených sloupů v 1NP.	- 65 -
obrázek 38, schéma sloupu 1NP.....	- 66 -
obrázek 39, litinový sloup 1NP.	- 66 -
obrázek 40, označení zkoušených sloupů v 2NP.	- 67 -
obrázek 41, schéma sloupu 2NP.....	- 68 -
obrázek 42, litinový sloup 2NP.	- 68 -
obrázek 43, označení zkoušených sloupů v 3NP.....	- 69 -
obrázek 44, schéma sloupu 3NP.....	- 70 -
obrázek 45, litinový sloup 3NP.	- 70 -
obrázek 46, označení zkoušených sloupů v 4NP.....	- 71 -
obrázek 47, schéma sloupu 4NP.....	- 72 -
obrázek 48, litinový sloup 4NP.	- 72 -
obrázek 49, označení zkoušených sloupů v 5NP.....	- 73 -
obrázek 50, schéma sloupu 5NP.....	- 74 -
obrázek 51, litinový sloup v 5NP.....	- 74 -

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1, součinitel tvaru δ^{NP2} vyjadřující vliv rozměrů zkušebních těles změřených po úpravě povrchu zdícího prvku [10].	- 22 -
Tabulka 2, charakteristiky vývrtů z cihel.	- 40 -
Tabulka 3, součinitel upřesnění α nedestruktivních zkoušek.	- 41 -
Tabulka 4, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (suterén).	- 44 -
Tabulka 5, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (suterén).	- 45 -
Tabulka 6, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (1NP).	- 47 -
Tabulka 7, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (1NP).	- 48 -
Tabulka 8, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (2NP).	- 50 -
Tabulka 9, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (2NP).	- 51 -
Tabulka 10, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (3NP).	- 53 -
Tabulka 11, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (3NP).	- 54 -
Tabulka 12, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (4NP).	- 56 -
Tabulka 13, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (4NP).	- 57 -
Tabulka 14, pevnost cihel v tlaku na základě tvrdoměrného měření, v tabulce je uvedena i normalizovaná pevnost v tlaku a její výpočet (5NP).	- 59 -
Tabulka 15, hodnoty zkoušky malty pomocí upravené ruční vrtačky a její vyhodnocení (5NP).	- 60 -
Tabulka 16, rozměry a hmotnost cihel, maximální síla v tahu za ohybu a tlaku.	- 62 -
Tabulka 17, vyhodnocení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku cihel.	- 62 -
Tabulka 18, shrnutí výsledků jednotlivých pevností cihelného zdiva.	- 63 -

Tabulka 19, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m v (1NP).....	- 65 -
Tabulka 20, průměrné hodnoty tloušťek stěn litinových sloupů v (1NP).	- 65 -
Tabulka 21, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m ve (2NP).....	- 67 -
Tabulka 22, průměrné hodnoty tloušťek stěn litinových sloupů ve (2NP).	- 67 -
Tabulka 23, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m (3NP).	- 69 -
Tabulka 24, průměrné hodnoty tloušťek stěn litinových sloupů ve (3NP).	- 69 -
Tabulka 25, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m (4NP).	- 71 -
Tabulka 26, průměrné hodnoty tloušťek stěn litinových sloupů ve (4NP).	- 71 -
Tabulka 27, hodnoty tvrdosti podle Brinella a převod na pevnost v tahu R_m (5NP).	- 73 -
Tabulka 28, průměrné hodnoty tloušťek stěn litinových sloupů v (5NP).	- 73 -
Tabulka 29, shrnutí tloušťek stěn litinových sloupů.	- 74 -